

COORDINADORES:

Gustavo Adolfo Llorente Cabrera

Maria Soler Farrés

AUTORES:

María Isabel Álvaro Martín

Bárbara Arias Sampériz

Carme Auladell Costa

Joaquín Azcón Bieto

Núria Bonada Caparrós

Jaume Ferrer Amorós

Joan Gomà Martínez

Josefina Martínez Martínez

Eduardo Manuel Mateos Frías

Francesc Mestres Naval

Maria Rieradevall Sant

Maria Dolors Vinyoles Cartanyà

**BIOLOGÍA I:**  
**UNA EXPERIENCIA DE APRENDIZAJE**  
**ACTIVO PARA ASUMIR COMPETENCIAS**  
**GENERALES Y ESPECÍFICAS**

**EDITORIAL**  
**OCTAEDRO**



Título: *Biología I: una experiencia de aprendizaje activo para asumir competencias generales y específicas*

## CONSEJO DE REDACCIÓN

*Directora:* Teresa Pagés Costas. Jefa de la Sección de Formación del Profesorado Universitario. Instituto de Ciencias de la Educació (ICE). Facultad de Biología.

*Consejo de Redacción:* Salvador Carrasco Calvo, Facultad de Economía y Empresa; Jaume Fernández Borrás, Facultad de Biología; Marta Fernández-Villanueva Janer, Facultad de Filología; Àngel Forner Martínez, Facultad de Formación del Profesorado Eva González Fernández, ICE; Mercè Gracenea Zugarramundi, Facultad de Farmacia; Jordi Ortín Rull, Facultad de Física; Antoni Sans Martín (director del ICE), Facultad de Pedagogía.

Primera edición: diciembre de 2011

© Gustavo Adolfo Llorente Cabrera y Maria Soley Farrés (coordinadores)

© ICE y Ediciones OCTAEDRO, S.L.

Editorial OCTAEDRO  
Bailèn, 5 - 08010 Barcelona  
Tel.: 93 246 40 02 - Fax: 93 231 18 68  
www.octaedro.com - octaedro@octaedro.com

Universitat de Barcelona  
Institut de Ciències de l'Educació  
Campus Mundet - 08035 Barcelona  
Tel.: 93 403 51 75 – Fax: 93 402 10 61

La reproducción total o parcial de esta obra sólo es posible de manera gratuita e indicando la referencia de los titulares propietarios del *copyright*: ICE y Octaedro.

ISBN: 978-84-9921-233-3  
Depósito legal: B. 42.842-2011

Diseño y producción: Servicios Gráficos Octaedro

# ÍNDICE

COLABORADORES .....	6
RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	7
I. INTRODUCCIÓN .....	9
2. OBJETIVOS, PLANIFICACIÓN, METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN .....	16
2.1. Planificación general .....	16
2.2. Teoría .....	17
2.2.1. Objetivos de aprendizaje .....	17
2.2.2. Contenido del programa de teoría .....	17
2.2.3. Metodología .....	21
2.2.4. Evaluación .....	25
2.2.5. Competencias que se desarrollan: generales y específicas de titulación .....	25
2.2.6. Coordinación .....	26
2.3. Aprendizaje basado en problemas .....	27
2.3.1. ¿Por qué una propuesta de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)? .....	27
2.3.2. Estructura, dinámica y tipologías de las propuestas de ABP realizadas .....	28
2.3.2.1. Tipologías de organización grupal .....	29
2.3.2.2. Tipologías de dinámica funcional .....	31
2.3.2.3. Actividad del alumno .....	33
2.3.2.4. Tutorización y seguimiento de la actividad de ABP .....	35
2.3.3. Evaluación de la actividad de ABP .....	35
2.3.3.1. Trabajo realizado durante las tutorías a lo largo de todo el proceso .....	36
2.3.3.2. Calidad de la presentación oral .....	36
2.3.3.3. Defensa de la presentación: preguntas y respuestas .....	38
2.3.3.4. Comentario final .....	38
2.3.4. Valoración de la experiencia por parte de los alumnos .....	38
2.4. Seminarios de teoría (grado de Ciencias Biomédicas) .....	42

2.5. Prácticas/visitas .....	43
2.5.1. Desarrollo de las prácticas/visitas .....	44
2.5.1.1. Grados de Biología y Biotecnología .....	44
2.5.1.2. Grado de Bioquímica .....	47
2.5.1.3. Grado de Ciencias Biomédicas .....	48
2.5.2. Evaluación de las prácticas/visitas .....	49
2.2.5.1. Grados de Biología y Biotecnología .....	49
2.5.2.2. Grado de Bioquímica .....	49
2.5.2.3. Grado de Ciencias Biomédicas .....	49
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>50</b>
3.1. Análisis de las calificaciones, cursos 2009-2010 y 2010-2011 .....	50
3.1.1. Análisis de cada una de las pruebas .....	52
3.1.1.1. Relación del test con la prueba de síntesis .....	54
3.1.1.2. Relación de la prueba de síntesis con el ABP .....	55
3.2. Valoración de las encuestas del alumnado .....	56
<b>4. VALORACIÓN GLOBAL Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>58</b>
<b>5. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>60</b>
<b>6. ANEXO .....</b>	<b>62</b>
Envejecimiento .....	62
Evolución del color de la piel humana .....	62
La alimentación de nuestros antepasados .....	63
El destino de la célula .....	64
¡Alerta, invasión! .....	64
Radiación UV y capa de ozono .....	65
Cambio climático y plantas .....	66
Bioindicadores .....	66
Conservación de la biodiversidad .....	67
Agricultura del futuro .....	68
Relojes biológicos .....	69
Microbiota humana y probióticos .....	70
Enfermedades emergentes .....	71
La enfermedad de las vacas locas .....	71
El destino de los purines .....	72
Alimentos funcionales .....	73

Plantas transgénicas .....	73
El color en biología .....	74
Los fósiles hablan. Pero hay que saberlos interpretar .....	75
Pruebas de la evolución .....	75
Mecanismos del cambio evolutivo .....	76
Malaria .....	76
Obesidad .....	77
Cólera .....	77
Fibrosis quística .....	78
<b>FOTOGRAFÍAS .....</b>	<b>79</b>
<b>NORMAS PARA LOS COLABORADORES .....</b>	<b>81</b>

## COLABORADORES'

Marià Alemany Lamana  
Joan Balanyà Maymó  
Jordi Bort Pie  
Narciso Campos Martínez  
Fco. Javier Casado Meredíz  
M. Esther Esteban Torne  
Lourdes Fañanás Saura  
José Antonio Fernández López  
Antonio Gómez Bolea  
Enric Gracia Barba  
Emilia Gutiérrez Merino  
Sergi Munné Bosch  
Salvador Nogués Mestres  
Xavier Remesar Betlloch  
Araceli Rosa de la Cruz  
Ignasi Soriano Tomás

1. Los colaboradores han participado en las tutorías de los ABP. En este cuaderno han hecho un resumen del tema de ABP desarrollado.

## RESUMEN

En este cuaderno se describe el proceso de gestación y desarrollo de la Biología I, una asignatura de 6 ECTS que se imparte en los grados de Biología, Bioquímica, Biotecnología y Ciencias Biomédicas en la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona.

Para impartir la Biología I se constituyó un equipo docente multidisciplinar, formado por 30 profesores de diferentes departamentos. Es importante destacar la labor de coordinación y colaboración entre todos los integrantes. Consideramos esta experiencia muy importante, ya que en ninguna asignatura había participado un número tan elevado de profesores y departamentos de la Facultad de Biología.

En los distintos apartados se explican detalladamente todas las actividades que se han llevado a cabo: clases de teoría, aprendizaje basado en problemas (ABP), seminarios, prácticas de campo y visitas a diferentes centros de investigación u hospitalarios. También se presentan y se discuten los resultados obtenidos.

Analizando la asignatura de Biología I, tanto desde el punto de vista de la actividad docente realizada como de los resultados obtenidos, llegamos a la conclusión de que es una experiencia de aprendizaje activo que ha permitido la adquisición con éxito tanto de competencias generales como específicas.

*Palabras clave:* biología, aprendizaje activo, competencias generales y específicas

## ABSTRACT

This book describes the process of conception and development of Biology I, a course of 6 ECTS, taught in the degrees of Biology, Biochemistry, Biotechnology and Biomedical Sciences at the Faculty of Biology, University of Barcelona.

To teach Biology I a multidisciplinary teaching team, comprising 30 teachers from different departments, was created. It is important to highlight the work of coordination and cooperation between all those members. We consider this experience as very important because, never before, such a large number of teachers and departments of the Faculty of Biology were involved in one single course.

Through the different book sections, all the activities that took place are explained in detail: lecturers, problem based learning (PBL), seminars, field practicals and visits to research centers or hospitals. Results are also presented and discussed.

Both from the standpoint of the work done and the final results, we conclude that this Biology I course proposal is an experience of active learning which allowed the successful achievement of general and specific skills by the students.

*Keywords:* biology, active learning, general and specific skills



## I. INTRODUCCIÓN

La declaración de Bolonia de 1999, firmada por los ministros de educación de la Unión Europea y de otros países como Rusia y Turquía, marcó un antes y un después de la docencia universitaria y encauzó el proceso de convergencia hacia el EEES (Espacio Europeo de Enseñanza Superior). Entre los objetivos que se pretendía conseguir estaba la mejora de la competitividad de las titulaciones europeas, hacer que estas titulaciones fuesen homologables y permitir el libre tránsito de estudiantes (Haug, 1999; Martínez y Haug, 2002). Por esta razón se introdujo el uso de los denominados créditos europeos, los ECTS (European Credit Transfer System). Este nuevo concepto de crédito se instituyó como «la moneda común» para conocer la cantidad de esfuerzo que ha realizado un estudiante en una determinada materia, teniendo en cuenta que según el nuevo patrón de medida europeo el crédito hace referencia a las horas de dedicación del alumno (Comisión Europea, 1998; ANECA, 2003; Lavigne, 2003; ICE Universidad de Zaragoza, 2004). Aunque el crédito ECTS se valoró dentro de una horquilla de entre 25 y 30 horas, la medida más comúnmente adoptada es de 25 horas. Este es un cambio de orientación del sistema educativo universitario fundamental. El profesor deja de ser el protagonista de la enseñanza y este papel recae en el estudiante. Este cambio de filosofía implica que profesor y estudiante tienen que recorrer juntos el camino del conocimiento. Eso no resta importancia a la labor del profesor, por el contrario, su figura adquiere importancia capital en la orientación del estudiante para guiarlo en el camino del aprendizaje. Ello conllevó a un proceso de cambio en la metodología docente que comporta una innovación en los métodos de enseñanza y, por lo tanto, de aprendizaje.

¿Por qué es necesaria la innovación docente? El mundo en el que han nacido y se han criado nuestros estudiantes no es el mismo de hace 40 años. Por lo tanto, aquellas estrategias motivadoras que fomentaban el entusiasmo del alumnado por adquirir nuevos conocimientos no pueden ser las mismas. El acceso a tecnologías basadas en la imagen ha aumentado espectacularmente. En la actualidad, un recién nacido fija la atención en pantallas desde que empieza a observar su entorno. Hace

40 años solo existía la de la televisión (en blanco y negro y con muy poca oferta de canales). Hoy en día vivimos en un entorno rodeado de pantallas: la televisión (mucho más avanzada), el ordenador, el teléfono móvil, los marcadores de los estadios deportivos, de la bolsa, de los aeropuertos y otros medios de transporte, etc. Incorporar metodologías basadas en la imagen puede facilitar el proceso de aprendizaje. Por otro lado, el flujo de información circula por muchos canales en este mundo globalizado. Podemos saber en tiempo real qué está pasando en las antípodas o ver en directo un partido de fútbol de nuestro equipo favorito en una isla remota del Pacífico. Por estas razones es natural y lógica la introducción y utilización de las TIC (Tecnologías de la Información y de la Comunicación) en el proceso de aprendizaje dentro de las aulas universitarias (Breen *et al.*, 2001; Arnau *et al.*, 2002; Escofet, 2005). Eso no quiere decir que tengan que ser las únicas herramientas docentes, el profesor tiene que saberlas utilizar con criterio para alcanzar los objetivos de aprendizaje propuestos. Así pues, la innovación docente es clave para transmitir adecuadamente nuestro entusiasmo a los estudiantes, es decir, los docentes tenemos que vivir el presente. En un entorno familiar para el alumno se espera que le sea más fácil y ágil su camino de aprendizaje.

En el proceso de la instauración de las nuevas bases docentes marcadas por el EEES, la Universidad de Barcelona fue pionera en nuestro país. Además, la Facultad de Biología participó en diferentes programas piloto para llevar a cabo la adecuación de las asignaturas al formato de los créditos europeos. El paso no tenía que ser una mera formalidad, como ya se ha comentado, sino que debía incidir en la innovación y mejora docente (Arenas, 2003; Arnau y Bono, 2003; Armengol, 2004; Mestres, 2004; Mestres y Arenas, 2004; Lluch, 2006). Junto con el ICE se llevaron a cabo cursos de formación para formadores que, a su vez, habrían de actuar como instructores en los diferentes departamentos de la Facultad (2003). El decanato de aquella época también llevó a cabo un conjunto de pruebas piloto durante el curso 2003-2004 para comprobar la utilidad de diferentes actividades docentes no presenciales, la cuantificación de horas que un estudiante invertía en hacer una determinada tarea (medida nada fácil), cómo podía gestionar el alumno actividades paralelas propuestas simultáneamente en diferentes asignaturas, la mejora del rendimiento en la evaluación acreditati-

va final, etc. Toda esta información era puesta en común anualmente en las Jornadas de Innovación Docente de la Facultad de Biología que se empezaron en 2004 y donde también participaban, como expertos, miembros del ICE. Esta puesta en común de nuevas metodologías, sus resultados y las discusiones posteriores fueron muy enriquecedoras para prepararnos para el próximo cambio.

Esta fase de preparación acabó con el establecimiento de los nuevos grados. Los equipos docentes comprometidos con el diseño de los nuevos grados se encontraban muy motivados para poner en marcha todo lo que habían planificado y preparado. Por fin había llegado el apasionante momento de dejar las pruebas y enfrentarse con el cambio docente.

En este cuaderno mostraremos nuestra experiencia en una nueva asignatura, deseando que sea útil a otros profesionales docentes universitarios, tanto a nivel de organización y estructuración como en la puesta en práctica de diferentes metodologías docentes. Creemos que nuestra experiencia puede ser exportable, total o parcialmente, a otras materias de enseñanzas muy variadas. En esta introducción queremos presentar los antecedentes y el marco docente donde se desarrolló nuestra labor.

La materia de Biología, en el caso que nos ocupa, está incluida dentro de los 60 créditos ECTS de formación básica de la rama de Ciencias con un valor de 12 créditos ECTS según la normativa ministerial, y por tanto era necesario darle contenido. Partíamos de un plan vigente de Licenciatura de Biología en el que por diversas razones no se había considerado oportuno ofrecer una asignatura de Biología General en primer curso, y en su lugar se entraba en materias más específicas ya desde el primer semestre. En el nuevo despliegue curricular del grado de Biología, tras mucho contraste de pareceres y de intercambio de opiniones, pareció que se podía usar este espacio de la materia Biología como una oportunidad para presentar y ofrecer una visión integrada de qué es la Biología y, de paso mostrar toda una serie de técnicas y habilidades básicas que comparten algunas materias que se impartirán más adelante en el grado, de manera que se minimicen la repetición y la superposición de contenidos instrumentales. Así, la materia Biología

se desarrolla en dos asignaturas, Biología I y Biología II, de 6 créditos ECTS cada una, la primera con un contenido teórico mayor y la segunda eminentemente práctica. En la Facultad de Biología (Universidad de Barcelona), además del grado de Biología, se tenían que impartir nuevos grados (Bioquímica, Biotecnología y Ciencias Biomédicas) y a pesar de que cada uno de ellos tiene un perfil y particularidades propias, se creyó oportuno que la Biología I fuese asignatura obligatoria en todos. Para impartirla se creó un equipo docente multidisciplinar (constituido por profesores de los diferentes departamentos) y formado por personal motivado que imprimiese un carácter moderno y atractivo a esta materia. El equipo docente estaba formado por profesores de siete departamentos de la Facultad de Biología: Biología Animal, Biología Celular, Biología Vegetal, Bioquímica y Biología Molecular, Ecología, Genética y Microbiología.

Una Biología general puede ser una materia muy extensa y por lo tanto se trataba de definir una visión conceptual que sirviera a los estudiantes como pilar de las materias a desarrollar en sus respectivos grados. Una premisa importante era buscar un marco conceptual que actuase como hilo conductor de los diferentes aspectos tratados en el programa que se quería impartir. Por otro lado esta asignatura serviría tanto para nivelar los conocimientos heterogéneos de los estudiantes, que llegan a la Universidad con un bagaje de conocimientos sobre la materia no uniforme, como para desarrollar nuevas técnicas enfocadas a la innovación docente. Desde un principio se buscó, como marco referencial, una visión evolutiva del hecho biológico, basada en el pensamiento del gran evolucionista Theodosius Dobzhansky (1973), según el cual «en biología nada tiene sentido si no es bajo la luz de la evolución». Esta perspectiva nos llevó a elaborar un temario de la asignatura de Biología I que abarcase desde el origen de la vida en nuestro planeta hasta el estudio de sistemas complejos como son los ecosistemas. El temario será tratado más adelante en otro apartado.

Además del enfoque conceptual de la materia, también había que definir la metodología de aprendizaje a utilizar. El equipo docente se encontró en un punto en el que nuevas propuestas y metodologías estaban en un momento emergente y por eso se decidió incorporarlas. Así se huyó de una docencia basada exclusivamente en las clases expositi-

vas y se abrió la puerta a nuevas y variadas formas de aprendizaje. En este contexto, el alumno pasaba a ser una parte activa en el proceso y, con la ayuda del profesor, recorrería el camino del conocimiento. Se concedió un peso importante a las asignaturas de ABP (Aprendizaje Basado en Problemas) o, en inglés, PBL (Problem-Based Learning). Además, el equipo docente planificó actividades prácticas en formato de salida para acercar a los estudiantes al mundo de la investigación. Estas salidas eran diferentes según las singularidades de los distintos grados. Por ejemplo, y a grandes rasgos, se han planificado dos grandes tipos de actividades prácticas: en campo o en laboratorio. Por último, en el caso particular del grado de Ciencias Biomédicas se creyó conveniente la realización de seminarios enfocados en el binomio salud-enfermedad en la especie humana. La organización, logística, contenido específico, evaluación y otros aspectos metodológicos de cada una de estas propuestas formativas se desarrollarán en detalle en diferentes apartados de este Cuaderno.

Para el equipo docente de Biología era muy importante que los alumnos alcanzaran un conjunto de competencias. Algunas son básicas como la capacidad de aprendizaje, el compromiso ético y la responsabilidad, el trabajo en equipo, la capacidad creativa y emprendedora, la capacidad comunicativa y la motivación por la calidad. En cambio, otras son específicas de la asignatura. De todas ellas, hablaremos más adelante. Toda esta labor docente no habría sido posible sin el soporte de las TIC. Las presentaciones de las clases de teoría (en formato power point), el material de base para iniciar actividades de ABP (artículos, otros textos e incluso vídeos) y otras fichas con información relevante estaban depositados de una manera organizada en el Campus Virtual de la asignatura. En la programación de Biología I no se descuidó el trabajo autónomo de los alumnos, pieza clave para alcanzar los objetivos establecidos. Para orientarlos un poco en este trabajo se les recomendaron dos libros de texto de referencia: Sadava *et al.* (2008) y Solomon *et al.* (2008). A pesar de que la competencia lingüística del dominio de la lengua inglesa ha de ser transversal en todas nuestras nuevas enseñanzas, al tratarse de alumnos es fase inicial del aprendizaje universitario, procuramos que ambos libros estuvieran (y lo están) traducidos. También se les recomendó el libro de Nick Lane Los diez grandes inventos de la evolución (2009) por la afinidad que tiene con nuestro programa. El

equipo docente tuvo mucho cuidado de buscar un equilibrio en el conjunto de los trabajos que han de realizar los alumnos, de forma que el esfuerzo necesario por su parte estuviera bien balanceado. La Biología no es la única asignatura que se imparte en el primer semestre y, por lo tanto, se intentó ajustar las actividades que requerían más dedicación del alumno, en periodos con menos carga de trabajo de otras materias. En este sentido es fundamental la coordinación entre los diferentes equipos docentes de las asignaturas que se imparten en un mismo semestre.

Es difícil hacer el seguimiento de si el estudiante va alcanzando los conocimientos, habilidades y competencias propuestos por el equipo docente. Por esta razón es imprescindible establecer un sistema de evaluación que pueda informarnos de los progresos de nuestros alumnos y que, a la vez, sea formativo (Arboix et al., 2003; Mateo, 2003). La evaluación se ha llevado a cabo según las directrices de la Universidad de Barcelona, es decir, propiciando la de tipo continuo. También consideramos clave la evaluación que hacen los alumnos de la asignatura, en todas sus vertientes, de manera que la Biología I sea dinámica y esté sometida siempre a un proceso de mejora docente. En este aspecto hay que tener presente las encuestas anónimas del alumnado, las opiniones presentadas en los informes de las salidas y visitas, los comentarios de los representantes de los estudiantes en los correspondientes consejos de estudio, etc. Por lo tanto, nuestra labor no está acabada y tenemos muy presente la mejora docente constante. En este contexto nuestro equipo docente solicitó y obtuvo un proyecto de innovación docente de la UB en el marco del cual se hizo un curso impartido por un experto en la metodología de actividades de ABP, para conocer de primera mano su experiencia y mejorar nuestra docencia en este ámbito (2010).

Todos los apartados anteriores fueron realizados mediante un importante proceso de coordinación y colaboración entre los diferentes profesores implicados en la asignatura de Biología I. Esta experiencia, que consideramos muy importante (nunca había participado un número tan elevado de profesores ni de Departamentos de la Facultad de Biología en ninguna asignatura), será descrita y analizada en las páginas siguientes. Esperamos y deseamos que esta experiencia pueda ser útil a otros profesores universitarios que se encuentren en una situación

parecida a la nuestra. Aunque la experiencia que presentamos está centrada solo en una materia, la Biología, se incluyen diferentes aproximaciones profesionales. Así, pensamos que la organización y metodología docente que hemos desarrollado puede ser exportable a los profesores de otras materias y/o enseñanzas universitarias. También creemos que puede interesar a profesores de bachillerato, pues podrán tener una visión del nuevo marco metodológico de la docencia universitaria y orientar debidamente a sus estudiantes. El bachillerato y la docencia universitaria no tienen que ser compartimentos estancos sino que han de estar interrelacionados de manera que el alumno alcance su aprendizaje de manera continua y fluida.

## 2. OBJETIVOS, PLANIFICACIÓN, METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN

### 2.1. Planificación general

La Biología I es una asignatura que se imparte en el primer semestre del grado. El trabajo presencial se desarrolla durante dieciséis semanas seguidas. Durante las primeras doce semanas se trabaja el programa de teoría mientras que durante las últimas cuatro semanas del curso se lleva a cabo un proyecto de aprendizaje basado en problemas (ABP). Esta actividad está organizada en equipos de unos 15 alumnos para analizar y resolver, en grupo, un problema complejo relacionado con la Biología. Finalmente, también en grupos de 15, se realiza una práctica/visita que dura una media jornada (unas 5 horas) y que tiene como objetivo acercarlos al mundo del trabajo relacionado con la Biología.

La Biología I tiene 6 ECTS, eso quiere decir que el trabajo total de los alumnos ha de ser de en torno a unas 150 horas. El trabajo presencial (clases de teoría, práctica/visita, tutorías del ABP y presentación del trabajo hecho en las tutorías) es de unas 50 horas. Las actividades dirigidas (lecturas previas a las clases de teoría, participación en los foros de los diferentes temas, trabajo relacionado con los ABP, trabajo de análisis de los datos obtenidos en la práctica) representan 50 horas de trabajo en total. Y finalmente se dejan unas 50 horas más para el trabajo autónomo (estudio).

En los apartados siguientes desarrollaremos detalladamente las diferentes actividades que acabamos de comentar: teoría, ABP, seminarios y prácticas/visita. También explicaremos los matices que hemos introducido, en función del grado, para adaptar mejor la Biología I a las necesidades específicas de los alumnos.



## 2.2. Teoría

### 2.2.1. Objetivos de aprendizaje

El objetivo de aprendizaje del programa de teoría que se imparte es analizar qué es la vida, desde las formas más sencillas hasta las organizaciones más complejas, dentro de un marco evolutivo y funcional. Con eso se pretende nivelar los conocimientos de biología de los alumnos y a la vez crear los fundamentos para la construcción del grado que inician. Asimilar bien los conceptos trabajados en el bachillerato e integrarlos en el aprendizaje de nuevos conocimientos sobre la biología, es para nosotros un aspecto importante para su formación como futuros científicos. Todo este planteamiento lleva a los estudiantes a hacerse preguntas tanto en relación con las causas como con las consecuencias de los procesos implicados con la vida. En definitiva, se pretende que los alumnos piensen, desde un punto de vista evolutivo, sobre qué es y qué significa la vida. Han de entender que la evolución, mediante la selección natural, favorece la supervivencia de los organismos mejor adaptados al entorno. Por lo tanto, el cambio y la adaptación serán puntos clave en nuestra historia.

### 2.2.2. Contenido del programa de teoría

El programa de Biología I es una historia en diez capítulos que lleva por título La vida desde el origen a los ecosistemas. Es el relato de lo que pasó durante unos 4.000 millones de años y por tanto son protagonistas la vida y la evolución.

El programa comienza por abordar lo que es la vida (capítulo 1). Esta es una de las preguntas más difíciles que un científico puede hacerse. Como dice Nick Lane (2009): «la vida es difícil de definir, pero mucho más fácil de describir». La química de la vida ayuda a hacer esta descripción: desde los monómeros, pasando por los polímeros y llegando a los ácidos nucleicos. Se establece la correspondencia ADN-gen-proteína.

Una vez descrito el concepto de vida, se analizan las posibles teorías con respecto a su origen (capítulo 2). La vida se originó de la no vida, a partir de evolución química, hace unos 4.000 millones de años. A partir de moléculas pequeñas se formaron moléculas más grandes, algunas

de estas como los carbohidratos, los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos se encuentran en todos los sistemas vivos. Después hubo moléculas que estuvieron incluidas en compartimentos. El origen de la vida equivale a la articulación de tres subsistemas supraquímicos (o infrabiológicos) en las condiciones de la Tierra primitiva: la membrana lipídica que confiere el confinamiento, la red protometabólica que canaliza la materia y la energía a través del sistema y los polímeros replicables que dan continuidad genética (Peretó, 2009).

Pero si la vida se originó de la no vida, mediante diversas estrategias, todo ello hay que concretarlo con el origen de los primeros organismos (capítulo 3). Estos fueron procariotas (bacterias y arqueos), organismos unicelulares y sin núcleo. Los procariotas dominaron durante los primeros 3.000 millones de años en la Tierra (entre 4.000 y 1.000 millones de años atrás). Cambiaron el mundo y, a pesar de que no presentan grandes diferencias morfológicas, bioquímicamente tienen una gran diversidad. La complejidad morfológica llegó con la aparición de los eucariotas, hace unos 1.800 millones de años, organismos unicelulares o pluricelulares pero siempre con núcleo. Existen diferentes modelos para explicar el origen del organismo eucariota, pero se acepta que el antepasado de este organismo eucariota era una quimera formada por arqueos y bacterias.

Descritos los primeros organismos, se estudia su funcionamiento, centrado en las membranas biológicas y metabolismo celular (capítulos 4 y 5). Todas las células tienen una membrana externa que las individualiza. Esta membrana controla la entrada, la retención y la salida de diferentes moléculas, aparte de otras funciones importantes como de hacer de pantalla de reconocimiento entre la célula y el entorno. Las células eucariotas tienen, además, unos compartimentos u orgánulos, igualmente individualizados por membrana. Las células obtienen energía y materiales para su crecimiento, desarrollo y mantenimiento del medio donde viven. Por eso se ponen en marcha toda una serie de reacciones químicas que forman parte del metabolismo celular. Los organismos vivos han desarrollado a lo largo de la evolución diversos sistemas para capturar la energía del entorno y utilizarla para llevar a cabo reacciones químicas que les son útiles. Los procesos de obtención de energía están ligados a reacciones redox, es decir, de transferencia de electrones.

La fotosíntesis cambia el medio de la Tierra. Para empezar, un mundo sin fotosíntesis no sería verde (Lane, 2009). Hace unos 2.500 millones de años algunos procariotas adquirieron la capacidad de fabricar pigmentos y así capturar energía de la luz solar, y utilizarla para arrancar protones y electrones del agua. El transporte de estos electrones, a través de dos fotosistemas y de cadena de transporte situadas en una membrana, aportó energía para la síntesis de compuestos orgánicos y produjo oxígeno como producto residual. Poco a poco, el oxígeno fue aumentando en la Tierra, hecho que ocasionó un cambio en la composición de la atmósfera. La presencia de oxígeno en la atmósfera hizo posible un metabolismo mucho más eficiente, lo que permitió la formación de organismos multicelulares con un elevado grado de complejidad. Por otra parte, el oxígeno también provocó la formación y la acumulación de ozono en la estratosfera. La capa de ozono actúa como pantalla protectora contra el exceso de radiación ultravioleta. Hace unos 800 millones de años la acumulación de ozono permitió el desarrollo de la vida fuera del agua y se inició la colonización del medio terrestre.

Si uno de los atributos principales del ser viviente es poder dar lugar a seres semejantes, la reproducción representa un tema obligado en el programa, que se analiza en el capítulo 6. La reproducción sexual ha sido el hito definitivo, dado que promueve la variabilidad genética que posibilita las adaptaciones. Pero los primeros organismos se reproducían duplicando su material hereditario y después dividiéndose en dos células nuevas. Este proceso se denomina reproducción asexual y las células hijas eran esencialmente clones de la madre. La reproducción sexual, la combinación de genes procedentes de dos células diferentes, supuso un paso importante en la evolución de la vida ya que permite la aparición de mucha variabilidad en las células hijas. Esta variación permite a los organismos una rápida adaptación a un entorno cambiante. Dado que el medio se modifica continuamente, los organismos que producen descendencia con variación genética tienen ventaja sobre los organismos que producen clones en su reproducción.

El paso desde los primeros eucariotas hasta los organismos multicelulares, se analiza en el capítulo 7. Hace unos 1.200 millones de años la inmensa mayoría de los organismos eran unicelulares o multicelulares simples como las cianobacterias filamentosas. Algunas de las formas

multicelulares simples pasaron de ser un agregado de células iguales a ser un conjunto multicelular con células especializadas, preámbulo para convertirse en organismos multicelulares complejos. Este proceso requirió que las células después de dividirse continuasen juntas y que se fuesen especializando en diferentes funciones. Para eso fue necesario un proceso de desarrollo que está programado por diferentes genes. Las células somáticas, la inmensa mayoría de las células de un organismo multicelular, se dividen por mitosis. Las células germinales mediante la meiosis hacen posible la variación y, por tanto, la adaptación.

Es evidente que, como sistemas abiertos, los organismos interaccionan con el medio (capítulo 8). Desde que apareció la vida hace 4.000 millones de años hasta 1.800 millones de años atrás, todos los organismos fueron procariotas, unicelulares y acuáticos. La existencia de oxígeno permitió el desarrollo de las eucariotas multicelulares acuáticas. Posteriormente, la colonización del medio terrestre, un medio en principio nuevo y lleno de posibilidades para los organismos vivos, pero también hostil, implicó la adopción de muchas adaptaciones en los tres grupos de organismos terrestres: hongos, plantas y animales. Además, el medio terrestre es muy variable, lo que obligó a los organismos multicelulares que se adaptaron a él a mantener constante su medio interno. Eso se llama homeostasis, y la evolución ha ido generando sistemas de homeostasis cada vez más complejos.

Los dos últimos capítulos, 9 y 10, tratan de la diversidad de la vida, centrada en la especiación y su organización jerárquica. La especiación produce la diversidad de la vida. Todos los organismos de la Tierra de hoy día descienden de un tipo original de organismo unicelular formado hace unos 4.000 millones de años. La evolución ha dirigido la formación de organismos complejos con más cantidad de información y mecanismos más complejos para utilizarla. Mediante distintos mecanismos, la evolución ha hecho posible la aparición de más de 30 millones de especies diferentes, que son grupos genéticamente independientes, y de las que se han identificado 1,4 millones. Los biólogos estudian la vida, su diversidad, y la organizan jerárquicamente. La biología se puede estudiar desde un punto de vista jerárquico yendo desde los átomos, las moléculas, las células, los tejidos, los órganos, los sistemas, los organismos, las poblaciones hasta las comunidades que forman los

ecosistemas hasta llegar a la Biosfera. Cada nivel de organización tiene sus propiedades emergentes, es decir, nuevas propiedades no encontradas en el nivel inferior. Con las especies identificadas, los biólogos han trazado el árbol de la vida. Mediante la Sistemática (que estudia la diversidad de los organismos y sus relaciones evolutivas) y la Taxonomía (subespecialidad de la Sistemática, que clasifica y denomina los organismos) se ordena la diversidad biológica conocida.

### 2.2.3. Metodología

Las clases presenciales del programa de teoría que acabamos de narrar no son solo clases expositivas, sino que se busca la participación de los alumnos, mediante el planteamiento de cuestiones por parte del profesorado y también de los mismos estudiantes. En otros apartados de este Cuaderno ya comentamos la metodología en relación a la parte de actividades de aprendizaje basado en problemas (ABP) y a la parte de las salidas de campo o visitas a centros de investigación. Los objetivos de esta asignatura están ligados a un proceso de aprendizaje activo de la biología. No basta con acumular ideas y conceptos, es necesario que los estudiantes tengan un marco de referencia de toda la biología. Esta asignatura trata de dar unidad a la unicidad y diversidad de la vida. Por eso, es necesario que estas clases presenciales de teoría sean un lugar de reflexión y de crítica, un espacio para el aprendizaje activo y un camino hacia la maduración. Para llevar a cabo estos objetivos se han pensado unas actividades dirigidas que son básicas para que los alumnos participen activamente en la clase.

Con estas actividades dirigidas, se sugiere a los alumnos que hagan lecturas concretas de libros antes de las clases (Solomon, Sadava, Lane, Freeman; ver bibliografía), así tienen un fundamento de lo que se trabajará en la clase presencial y, a la vez, la base tanto para preguntar como para responder a las cuestiones que se plantean en el aula. Una vez acabado cada capítulo se plantea una cuestión, un tanto compleja e integrativa, en el fórum del campus virtual. Con esta actividad pretendemos que se establezca una discusión entre los alumnos en torno a cuestiones importantes en biología. En principio, los profesores ponemos la primera cuestión y vamos leyendo las diferentes intervenciones de los alumnos, pero no entramos en su discusión. Se trata de que todos aporten ideas fundamentadas y que si un alumno propone alguna

que no está bien los otros le corrijan. Con estas actividades dirigidas pretendemos desarrollar diferentes competencias del alumno como son, leer y extraer información relevante de los libros, pensar y preguntar, expresar por escrito, en el forum, ideas y conceptos tras un proceso de estudio y, sobre todo, discutir cuestiones entre ellos para potenciar sus formación científica y argumental.

Sin estas actividades, tanto previas como posteriores en cada uno de los temas, es muy difícil que el alumno pueda alcanzar el grado de aprendizaje activo y la maduración que creemos importante para su formación. Es evidente que en una clase de más de cien alumnos hay muchos perfiles. Tenemos los que trabajan en todas las actividades dirigidas y los que trabajan de forma más discontinua. Sin embargo, todas las cuestiones que se van planteando en la clase, tanto por parte del profesorado como por parte de los alumnos, pueden discutirse sin ningún problema ya que en el esquema de clase presencial se tiene presente esta parte importantísima del proceso de aprendizaje. El resultado es que, en general, los estudiantes que más han participado son los que mejor alcanzan los objetivos. Eso lo sabemos mediante la participación en los diez fórums que se plantean después de cada tema. En el curso 2010-2011 hubo un 43% de los alumnos que participaron en los diferentes fórums, en los que no se trataba de tener muchos conceptos en la cabeza (estamos en primer el curso y tendrán todo el grado para aprender biología), sino de reflexionar en el entorno de la biología y ser capaces de resolver problemas o cuestiones integrativas. La participación en la clase, ya sea preguntando o respondiendo las preguntas planteadas, también nos aporta los mismos resultados. Es decir, los estudiantes que trabajan de forma regular y continuada a lo largo del curso consiguen aprender de forma activa y también son los que obtienen mejores calificaciones, y los que van trabajando de vez en cuando no pueden seguir tan bien la dinámica de curso y tienen calificaciones más bajas.

Para ilustrar cómo son estos diez fórums posteriores a cada uno de los temas hemos escogido el del tema 4: membranas biológicas y metabolismo celular. La pregunta que se planteaba era:

Fórum 4. La vida no es más que un electrón buscando un sitio donde descansar. Por Profesora X – jueves, 21 de octubre 2010, 10:20

En este fórum os propongo que analicéis lo que hemos estado trabajando en el tema 4, contestando la pregunta siguiente:

¿Qué quiso decir Albert Szent-Györgyi en la frase «La vida no es más que un electrón buscando un sitio donde descansar»? Razonad la respuesta, poniendo ejemplos.

Re: Fórum 4. La vida no es más que un electrón buscando un sitio donde descansar. Por Estudiante A – viernes, 22 de octubre 2010, 18:42

«Bueno, esta frase puede parecer un poco extraña en un principio pero todos sabemos que la vida en el fondo es química, y que la química se basa en enlaces, intercambio de electrones entre moléculas, reacciones redox... En definitiva, electrones en movimiento constante.

Por ejemplo, como vimos el último día de clase, durante el proceso de respiración celular se dan constantemente toda una serie de reacciones redox, reducciones y oxidaciones de moléculas, como es el caso del  $\text{NAD}^+/\text{NADH} + \text{H}^+$ , capaz de transportar electrones para obtener energía, la cual será esencial para la vida. También existen otros ejemplos de situaciones en las que hay transporte de electrones de molécula en molécula, como la cadena respiratoria o la fase luminosa de la fotosíntesis.

Supongo que Albert Szent-Györgyi quiso resaltar con esta frase la importancia del conjunto de reacciones y movimientos constantes de electrones que hacen posible el metabolismo y toda la vida en general.»

Re: Fórum 4. La vida no es más que un electrón buscando un sitio donde descansar. Por Estudiante B – sábado, 23 de octubre 2010, 12:21

Como comenta el estudiante A, en el fondo la vida no es más que química, y la química, entre otras cosas, se basa en el intercambio de electrones.

En el mismo artículo en el que aparece esta cita, también aparece una pregunta que me ha llamado mucho la atención: ¿Cuál fue el problema que la tierra abiótica solucionó con la aparición de la vida? Tenía que existir algo inestable, si todo hubiera estado en equilibrio no habría ocurrido.

En las chimeneas hidrotermales hemos visto que se desprende  $\text{H}_2$  y  $\text{CO}_2$ . Estas moléculas crean una gran desestabilidad energética que se soluciona mediante su combinación, que produce agua y acetato redu-

ciendo así la energía de los electrones y permitiéndoles descansar. De manera que antes de la aparición de la vida pudo haber aparecido el metabolismo.

Re: Fórum 4. La vida no es más que un electrón buscando un sitio donde descansar. Por Estudiante C – sábado, 23 de octubre 2010, 13:52

Esta frase es bastante completa porque con su «simplicidad» engloba la opinión de los que dicen que la vida comenzó con el metabolismo y la de los que dicen que primero se formó el ARN y las proteínas, ya que estas dos cosas se pueden formar gracias al transporte de electrones. Es decir, la formación de un protometabolismo ha tenido lugar gracias a que electrones con energía (en comparación con otros), buscaban estar al nivel de aquellos que tenían menos energía. Los electrones siempre «quieren estar» a un nivel de energía inferior (todo tiende al estado fundamental) y este estado fundamental de mínima energía lo encontrarían reaccionando, dando lugar (sin querer) al metabolismo.

La formación de las moléculas complejas también tuvo lugar gracias a reacciones «iniciadas» (grosso modo) por electrones que querían tener menos energía (ya que las moléculas complejas son más estables [menos energía] que las moléculas simples) dando lugar a los polímeros (ARN, proteínas...).

Esta fase es tan completa que podemos aplicarla no solamente al inicio de la vida, sino aun en la actualidad, pues, nosotros vivimos porque los electrones de nuestro cuerpo quieren descansar y, gracias a este «objetivo», podemos obtener la energía que necesitamos para vivir (llevar a cabo las reacciones necesarias que hace cada día nuestro cuerpo, como por ejemplo: las vías metabólicas actuales).

En resumen, la vida, como decían mis compañeros, es química.

Y así hasta 11 aportaciones en las que se puede comprobar el grado de discusión y maduración de los estudiantes.

Finalmente, también hemos previsto que es necesario un tiempo de estudio autónomo y sistemático, al que se ha asignado una tercera parte del tiempo de la asignatura para que el alumno acabe de asimilar e integrar todo lo que se ha hecho en el capítulo correspondiente.



#### 2.2.4. Evaluación

Para evaluar el aprendizaje de los temas de la parte teórica hacemos una prueba escrita justo al acabar el último capítulo. Dura una hora y supone 2 puntos de la nota final de la asignatura. Es una prueba de conocimientos básicos y, en los dos cursos académicos que llevan, ha consistido en un test de 50 preguntas del tipo verdadero/falso. Aunque el modelo de examen puede cambiar, la idea es siempre evaluar conocimientos básicos. Esta prueba se hace concretamente en ese momento para estimular el trabajo continuado del alumno. Si los estudiantes han ido haciendo las actividades dirigidas y participando en las clases presenciales, así como en los fórums, no tienen ningún problema para superar este test.

Tal como ya se ha comentado, en esta asignatura también hay, aparte del programa de teoría, una práctica/visita que vale 0,5 puntos de la nota final y un trabajo autorizado (Aprendizaje Basado en Problemas o ABP) que vale 2,5 puntos de la nota final, y que ayudan a asimilar el programa de teoría. Por eso, una vez realizas todas las partes de la asignatura, los alumnos tienen que hacer una prueba de síntesis que supone 5 puntos de la nota final. Para hacer bien esta prueba no es suficiente con tener los conceptos básicos asimilados, han de saber utilizarlos para, así, poder responder a una cuestión de carácter integrativo y complejo sobre la biología.

Finalmente, hay que añadir que la participación en los diferentes fórums, si se han aportado ideas interesantes y bien fundamentadas, también se tiene en cuenta para la modulación de la nota final de la asignatura de Biología I.

#### 2.2.5. Competencias que se desarrollan: generales y específicas de titulación

Después de la explicación dada quedan muy explícitas las competencias generales y específicas de titulación que queremos trabajar. No obstante las explicaremos brevemente.

Con relación a las competencias generales los estudiantes desarrollan:

- a) Capacidad de aprendizaje y responsabilidad: capacidad de análisis, de síntesis, de visiones globales y de aplicación de los conocimientos al responder cuestiones integradas y complejas sobre la biología así como la capacidad de tomar decisiones y de adaptación a nuevas situaciones.
- b) Capacidad comunicativa: capacidad de comprender y expresarse oralmente y por escrito en catalán, castellano y/o inglés, con dominio del lenguaje especializado y capacidad de buscar, usar e integrar información.
- c) Trabajo en equipo: capacidad de colaborar con los otros y de contribuir a un proyecto común así como de colaborar en equipos interdisciplinarios y en equipos multiculturales.

Con relación a las competencias específicas de titulación los estudiantes deberían ser capaces de:

- a) Comprender la amplitud del concepto de vida, reconocer sus principios fisicoquímicos e identificar los mecanismos implicados en su origen y evolución.
- b) Distinguir los tipos y niveles de organización de los seres vivos.

### **2.2.6. Coordinación**

En la Facultad de Biología, como ya se ha indicado en la introducción de este cuaderno, hay cuatro grados donde se imparte la asignatura Biología I con un total de 6 grupos, de unos 80-100 estudiantes cada uno. En cada grupo dos profesores imparten la parte de teoría, uno desde el capítulo 1 hasta el capítulo 5 y el otro desde el 6 hasta el 10. El resultado es que 11 profesores de 7 departamentos diferentes están implicados en esta parte de la asignatura.

Para evitar la divergencia en el contenido de los diferentes capítulos hubo un trabajo de coordinación muy importante. Una vez asignados los profesores que tenían que impartir el programa de teoría, estos se reunieron y cada uno se comprometió a preparar totalmente un capítulo. Las presentaciones se colgaron en un campus virtual de coordinación. Una vez hecha esta parte del trabajo hubo varias reuniones con todo el profesorado implicado para discutir los diferentes apartados de cada tema y llegar a un acuerdo sobre el nivel en que se tratarían los

diferentes temas. De esta manera, se consiguió una gran uniformidad en el contenido de cada capítulo. No obstante, se dejó cierta flexibilidad para introducir modificaciones en función del grado y así orientar la Biología en función de los requerimientos específicos de cada enseñanza. También se coordinaron las pruebas parciales y de síntesis. Además de la coordinación ha habido colaboración entre los profesores de teoría de los distintos grados. La labor de coordinación ha sido constante a lo largo de los dos cursos ya que siempre que ha habido dudas o problemas nos hemos encontrado y hemos intentado buscar soluciones. Una vez hayamos acabado el curso 2010-2011, tenemos previsto volver a hacer una revisión de todo el programa de teoría. Después de tres cursos podremos ver y constatar los pequeños cambios que cada uno de los profesores ha ido introduciendo y así enriquecer el trabajo en conjunto.

## **2.3. Aprendizaje basado en problemas**

### **2.3.1. ¿Por qué una propuesta de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)?**

Según la definición de H. S. Barrows (1980), el ABP (o PBL [Problem Based Learning]) es un método de aprendizaje basado en utilizar el planteamiento de problemas como punto de partida para la adquisición y la integración de nuevo conocimiento. En el caso que nos ocupa, la metodología de ABP sirve para que los alumnos realicen una introducción básica a la complejidad existente en el mundo de la Biología, pero sobre todo para que desarrollen una serie de competencias básicas (generales y específicas). En este sentido, aunque el planteamiento de la actividad sirve para que el alumno trabaje en un marco teórico concreto y aprenda diferentes conceptos de interés en biología, para el profesorado es más importante que el alumno adquiriera un cierto tipo de habilidades y competencias que serán muy útiles y aprovechables a lo largo de todo el grado e importantes para su futuro profesional.

Respecto a las competencias generales, los alumnos trabajan la capacidad de aprendizaje y de responsabilidad, la capacidad comunicativa, la capacidad creativa y emprendedora, la motivación por la calidad y el compromiso ético y, muy especialmente, el trabajo en equipo (capacidad de colaborar con los demás y contribuir a un proyecto común).

En cuanto a las competencias específicas desarrolladas con el método de ABP, los alumnos complementan y mejoran la comprensión del concepto vida, aplicando los conceptos adquiridos en la parte de teoría en la resolución de problemas biológicos de relevancia científica y social.

La metodología básica del ABP implica un trabajo tanto individual como de grupo, que se desarrolla siguiendo un procedimiento ordenado, partiendo del planteamiento de un problema a resolver y repartiendo las tareas tanto individuales como de grupo. A partir de ahí hay sesiones tutorizadas en las que el profesor supervisa el trabajo desarrollado por los alumnos y los guía en la manera de presentarlo. Finalmente, en la última sesión, los alumnos hacen una exposición y defensa oral de su trabajo.

### **2.3.2. Estructura, dinámica y tipologías de las propuestas de ABP realizadas**

Teniendo en cuenta las características de la asignatura Biología I, especialmente por el hecho de ser impartida en diferentes grados, centrados en objetivos muy diversos y por la implicación de un elevado número de profesores, la experiencia ABP ha resultado en la ejecución de un gran número de propuestas. ¿Qué temas se pueden llevar a la práctica? Son infinitos... En este caso solo han de cumplir con el requerimiento de representar la complejidad de la Biología I. Desde el momento de la implantación de los grados en el año 2009, hemos desarrollado un total de 24 temas de ABP que abordan diferentes temáticas; se puede consultar una recopilación y breve descripción de estas experiencias en el Anexo. El profesorado implicado ha diseñado cada propuesta de ABP para, en primer lugar, poder captar el interés del alumnado y, en segundo lugar, para poder ser adaptados a diferentes tipos de organización de las actividades.

Las diferentes aproximaciones a la metodología de ABP que se exponen a continuación reflejan la realidad experimentada durante dos cursos académicos por los profesores implicados en este tipo de docencia, y responden a las características del profesor tutor y del tema elegido. Para reflejar la diversidad de actividades resultante, hemos realizado un trabajo de síntesis y de clasificación de las diferentes propuestas de ABP en tipologías a partir de aspectos como el de la organización de grupos de trabajo, la presentación del problema al alumno, el tipo de

problemas planteados, la actividad que realiza el alumno y la dinámica de las tutorías. Con eso pretendemos mostrar la potencialidad del método con la voluntad de incentivar la creatividad de los docentes y la necesaria adaptación a cada una de las circunstancias concretas de cada enseñanza.

### **2.3.2.1. Tipologías de organización grupal**

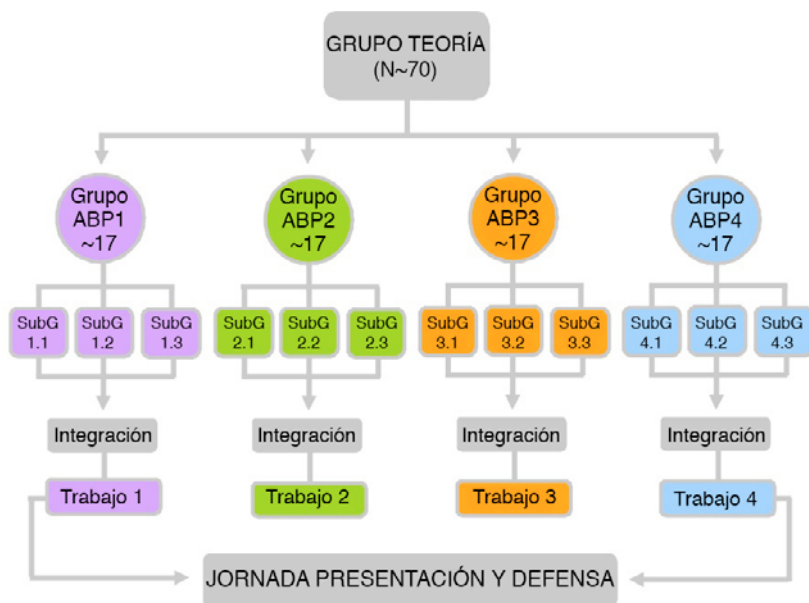
Los grupos de teoría son numerosos (80-100 alumnos). Este hecho nos ha conducido a hacer un esfuerzo importante en el diseño de una logística que asegurase la máxima participación de cada alumno, una óptima relación profesor-alumno y una dinámica de las actividades a desarrollar lo más ágil posible.

En primer lugar, hemos definido el Grupo ABP como el equipo de trabajo que se enfrenta con la resolución de un problema complejo en el contexto de la biología, bajo la tutorización de un profesor. En cada Grupo ABP podemos organizar o dividir el trabajo en grupos más reducidos que llamaremos subgrupos de trabajo. En base a estas dos unidades escalares de grupos de trabajo, las actividades de ABP que se desarrollan en la Facultad de Biología pueden clasificarse en dos tipologías básicas (Figura 1).

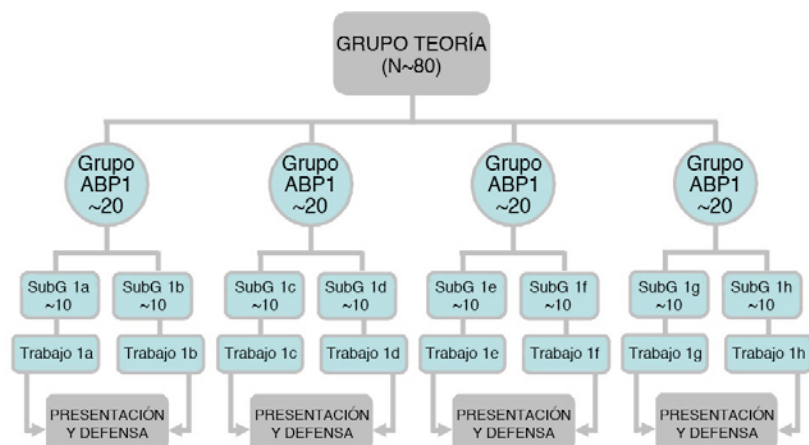
En la tipología de organización grupal A, el grupo de teoría (o grupo-clase) se divide en diversos Grupos ABP que tratan problemas diferentes. El número de grupos ABP que organizamos por grupo de teoría oscilan entre 4 y 6, dependiendo del número de alumnos en cada grado. Así, cada Grupo ABP queda integrado por 12-18 alumnos. Dado que este es un número relativamente elevado, a fin de facilitar el trabajo en grupo y la participación de todos los integrantes del grupo, cada Grupo ABP se subdivide en tres o como máximo cuatro subgrupos de trabajo. Estos subgrupos trabajan inicialmente de manera independiente para resolver o buscar información de aspectos parciales del problema, pero acaban coordinándose entre ellos (a través de uno o dos representantes, o bien en la sesión de tutoría) para integrar toda la información recopilada en un único trabajo final común. Este trabajo es presentado y defendido ante el grupo de teoría, que es invitado a intervenir con preguntas o aclaraciones. Los distintos profesores que han tutorizado los Grupos ABP de un mismo grupo de teoría valoran las presentacio-

Figura 1. Esquema de las dos tipologías de organización grupal de ABP que se realizan en la Facultad de Biología de la UB (asignatura de Biología I).

### Organización grupal A



### Organización grupal B



nes y la defensa de todos los trabajos realizados (para más detalles, ver apartado de evaluación de los ABP).

En la tipología de organización grupal B, todos los alumnos integrantes de un mismo grupo de teoría resuelven el mismo problema. El grupo de teoría se divide en cuatro Grupos ABP de unos 20 alumnos, cada uno tutorizado por un profesor. Como en la tipología descrita anteriormente, el Grupo ABP se divide en dos subgrupos de trabajo (Figura 1) de unos 10 alumnos cada uno. Dentro de cada subgrupo, la mitad de los alumnos organizan la información recogida por todo el subgrupo de trabajo con el objetivo de elaborar la presentación del trabajo que incluye el diseño de las diapositivas y la exposición oral del trabajo (editores). La otra mitad del subgrupo organiza la misma información con el objetivo de hacer la discusión y defensa de lo que han presentado sus compañeros («discutidores»). Así pues, en este caso, cada subgrupo confluye en la realización de un trabajo final común. Como resultado tenemos la realización de dos trabajos diferentes sobre un mismo problema, los cuales son presentados y defendidos en el mismo Grupo ABP. Estos trabajos pueden ser valorados por el mismo profesor que ha tutorizado el Grupo ABP o por uno de los tres profesores que haya tutorizado cualquier otro Grupo ABP dentro del grupo de teoría. Finalmente, se realiza una segunda actividad de ABP estructurada de la misma manera pero donde los alumnos intercambian los roles (editores y discutidores) de los subgrupos de trabajo. El grado de Ciencias Biomédicas opta por esta modalidad.

El resultado de estas distintas metodologías o tipologías de organización logística nos ha permitido trabajar con grupos relativamente masificados y de difícil gestión a priori. Tanto un modelo como otro han funcionado bien, y han resultado satisfactorios, en el sentido de que han favorecido la actividad de cada uno de los alumnos y han minimizado la situación de que unos cuantos trabajen y los otros miren.

### ***2.3.2.2. Tipologías de dinámica funcional***

Las propuestas que se han llevado a cabo han sido muy variadas en su temática, pero se han ajustado a unas pocas tipologías de dinámica funcional de cada propuesta según su planteamiento (tema, problema o enigma), o bien, según el número de soluciones a las que se llega en

la resolución del problema (convergentes y divergentes – Figura 2). La elección de una u otra tipología está más relacionada con las características del tema y las preferencias del profesor que con una valoración de ventajas o desventajas, dado que en todos los casos consideramos que hemos conseguido los objetivos propuestos en la actividad.

### **Tipologías según el planteamiento de la actividad de ABP**

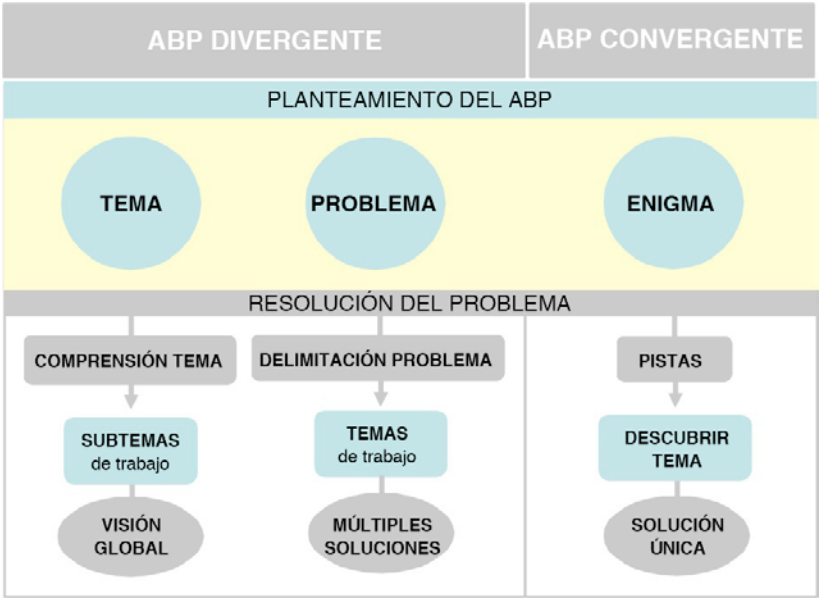
- a) Planteamiento de la actividad de ABP basado en un tema. Parte de una cuestión que no se puede resolver si no es a través de la comprensión de un tema amplio y complejo. El tema de partida se puede abordar desde diferentes perspectivas (subtemas), que son elegidas por el propio Grupo ABP con la orientación del tutor. Cada subtema es trabajado por un subgrupo ABP. La integración de la información conduce a una visión global e integrada sobre el tema de partida, lo que resulta en la comprensión del problema mediante múltiples respuestas. Un ejemplo de esta tipología es «¡Alerta, invasión!» (ver anexo).
- b) Planteamiento de la actividad de ABP basado en un problema. El planteamiento inicial parte de un problema amplio y multidisciplinar. Eso nos lleva, por un lado, a delimitar el problema y, por otro, a plantear diferentes temas de trabajo (pueden ser trabajados por cada subgrupo de trabajo del Grupo ABP). Por diversos itinerarios se llegan a ofrecer múltiples soluciones al planteamiento inicial. Por ejemplo, «Cambio climático y las plantas» (ver anexo).
- c) Planteamiento de la actividad de ABP basado en un enigma. La cuestión que se plantea es la respuesta a un enigma concreto. A partir de informaciones indirectas facilitadas por el tutor (que podemos denominar pistas), los alumnos van adivinando de qué tema se trata. Una vez conocido el tema, las piezas del rompecabezas encajan y los alumnos resuelven la pregunta o enigma. Por ejemplo, «Cólera» (ver anexo).

### **Tipologías según la resolución de la actividad de ABP**

- a) Resolución divergente. En este modelo se llega a soluciones diversas o múltiples respuestas a un planteamiento inicial de problema. En una actividad de ABP divergente los trabajos que realizan los alumnos son genuinos y dependen, en gran medida, de las aproximaciones al problema que haya hecho cada Grupo ABP.



Figura 2. Esquema de las tipologías de dinámica funcional según el planteamiento y según la resolución de la actividad de ABP que se desarrollan en la asignatura de Biología I de la Facultad de Biología.



b) Resolución convergente. Este tipo comporta una solución única y los trabajos que realizan los alumnos en este caso son idénticos o muy parecidos.

### 2.3.2.3. Actividad del alumno

La actividad desarrollada por el alumno en los Grupos ABP se puede desglosar en cuatro fases de trabajo básicas: a) Búsqueda y/o consulta de fuentes de información (libros, artículos y webs), b) Elaboración del trabajo o documento final, c) Exposición, defensa y/o discusión del trabajo, y d) Valoración de la actividad de ABP.

a) Búsqueda y consulta de fuentes de información. La mayoría de las actividades de ABP que se llevan a cabo parten del planteamiento de un tema o problema sobre el cual los alumnos tienen que buscar información sin ninguna orientación previa por parte del profesor. Las fuentes de información más utilizadas son las bibliográficas (princi-

palmente libros y artículos científicos escritos en inglés), pero también se pueden priorizar webs especializadas. En el caso de que la temática lo requiera por su amplitud o para evitar una excesiva dispersión y un buen ajuste al tiempo del que se dispone para realizar la actividad, el profesor opta por orientar desde el principio al alumno en su búsqueda de información o bien le proporciona directamente las fuentes a consultar más adecuadas.

- b) Elaboración del trabajo. El documento final consiste en la elaboración de una presentación de Power Point (de un máximo de 20 diapositivas y 20 minutos de exposición) para la cual se dan algunas instrucciones o guías. Se organiza en una introducción (el planteamiento del problema), unos objetivos o plan de trabajo para resolver el problema, la información recopilada y las conclusiones finales. En algunos Grupos ABP, esta presentación puede ir acompañada de un documento escrito, que puede ser puesto a disposición en el campus virtual para la posterior consulta de los compañeros del grupo-clase. El idioma más empleado ha sido el catalán, aunque en algún caso las presentaciones han sido elaboradas y presentadas en lengua inglesa.
- c) Exposición, defensa y/o discusión del trabajo: El trabajo realizado en formato de presentaciones de Power Point se expone oralmente. La presentación y defensa de los trabajos se realizan delante de los otros Grupos ABP del grupo de teoría (figura 1, Tipología de organización grupal A), o bien delante de otro subgrupo de trabajo creado dentro del mismo Grupo ABP (Tipología de organización grupal B). La duración de las presentaciones oscila entre 15-20 minutos y la de los turnos de preguntas (defensa) es de 10-15 minutos. Las sesiones de presentación de los trabajos tienen una duración de 2 a 3 h, repartidas en dos o tres sesiones. En algunos casos, una vez defendidas, las presentaciones se ponen a disposición de todos a través del campus virtual.
- d) Valoración de la actividad de ABP. Los alumnos hacen una valoración, mediante un informe escrito, de la experiencia vivida tanto en su subgrupo de trabajo como en el Grupo ABP. Con esta valoración también se pretende que cada uno especifique cuál ha sido su aportación (autocrítica). Eso permite saber cuál es la percepción del grado de participación de cada alumno en la actividad. Una opción seguida por algunos Grupos ABP ha sido la de pedir una valoración del trabajo de los otros Grupos ABP, dado que todos los alumnos han

asistido a la presentación de otros trabajos de ABP. Las características de esta valoración y su uso con finalidades evaluativas se comentan en el apartado 2.3.3 de esta publicación.

#### **2.3.2.4. Tutorización y seguimiento de la actividad de ABP**

Las actividades de ABP que hemos llevado a cabo cuentan con una sesión inicial informativa sobre la dinámica y el objetivo de la actividad, y generalmente tres sesiones de seguimiento de la actividad (en algunos casos se hacen dos). La sesión informativa inicial, por norma general, además de la presentación de la actividad también incluye el planteamiento del problema. Esta sesión inicial puede tener lugar con todo el grupo de teoría (cuando todos los alumnos resuelven el mismo problema), o bien se puede realizar con cada Grupo ABP (con el tutor asignado). En el primer caso, los Grupos ABP y los subgrupos de trabajo se pueden organizar en el aula; en el segundo, los Grupos ABP salen editados en el «campus virtual-UB» y en el aula se organizan los subgrupos de trabajo. A partir de la primera toma de contacto con el problema, los Grupos ABP son supervisados por el tutor en las sesiones de seguimiento. A lo largo de estas sesiones, el tutor orienta al alumno en sus búsquedas bibliográficas, conduce el enfoque del problema e informa sobre la confección del trabajo final. En la primera de las sesiones de seguimiento, el profesor supervisa las fuentes de información exploradas por los alumnos y puede sugerir búsquedas más orientadas. En función de la dificultad del tema y del nivel del alumnado, el profesor opta por facilitar algunas fuentes clave para la realización del trabajo.

#### **2.3.3. Evaluación de la actividad de ABP**

En la evaluación de la actividad de ABP hay que considerar tanto el trabajo de grupo como el trabajo individual de cada uno de los alumnos. Dependiendo de los aspectos a evaluar, la valoración se realiza por el tutor específico o bien la nota se consensua entre el equipo de tutores de ABP del grado en cuestión. La dificultad de la evaluación del ABP consiste básicamente en la definición de criterios y en obtener la información adecuada para una evaluación que combine de la manera más ponderada y objetiva posible la parte individual y la colectiva. Todo ello teniendo en cuenta la consideración nada despreciable del coste en tiempo del docente, de manera que su dedicación sea la menor y la más eficiente posible. En este aspecto, se ha dado cierta libertad a cada equi-

po docente de los diferentes grados, y si bien ha habido un consenso en el porcentaje de peso que las actividades de ABP debían tener en el global de la asignatura (2,5 puntos de la nota final), la forma de cómo conseguir los puntos ha sido diferente, en función de la estructura y dinámica concretas de cada propuesta de actividad de ABP y del criterio de cada equipo docente (Tabla 1).

En todos los casos se evalúa a cada alumno/a por el trabajo realizado de forma colectiva y por la participación y consecución de objetivos individuales. Básicamente, se pretende valorar cuál ha sido el trabajo realizado a lo largo del proceso cuantitativa y cualitativamente y también cómo se ha llevado a cabo; así como puntuar el resultado del trabajo y el nivel de comprensión del tema por parte del alumno/a. También se potencia que el alumno/a haga un ejercicio de reflexión sobre las tareas realizadas, de manera que analice el grado de consecución de objetivos y la responsabilidad individual y colectiva en su realización. Este último aspecto es importante porque de la autorreflexión han de salir propuestas de mejora individual en futuras actividades de esta o de otras asignaturas del grado.

Los aspectos concretos que se han considerado en la evaluación de los ABP son los que se detallan a continuación.

#### ***2.3.3.1. Trabajo realizado durante las tutorías a lo largo de todo el proceso***

Este trabajo tiene dos componentes, uno grupal o colectivo y otro individual. Durante las semanas que dura la actividad de ABP, el tutor valora la tarea y funcionamiento global del grupo. En algunas propuestas de evaluación (Tabla 1), todos los miembros del grupo obtienen la misma nota. En otras, la nota del grupo está ponderada por una valoración de la aportación individual de cada miembro del equipo, según haya sido su actividad presencial, o bien la generación de documentos, aportación de materiales, etc.

#### ***2.3.3.2. Calidad de la presentación oral***

Las presentaciones orales tienen una duración limitada de 15-20 minutos. Dado el tamaño de los Grupos de ABP (12-18 alumnos) la elección de unos representantes que hagan la presentación en nombre del grupo ha sido la opción más aplicada. La nota que se obtiene es colectiva e

**Tabla 1. Propuestas de cada grado para la valoración del trabajo colectivo e individual de los alumnos a las actividades del ABP.**

(BIO-MI=grado de Biología-Grupo M1; BIO-T1=grado de Biología-grupo T1; BQ=grado de Bioquímica; BT=grado de Biotecnología; BM=grado de Ciencias Biomédicas).

Grado	BIO-M1	BIO-T1	BQ	BT	BM
Nota máxima	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Valoración global del trabajo colectivo	1	1	1,5	1	2
Tutorías-sesiones de trabajo			0,5		0,5
Presentación oral	1 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	1	1 <sup>1</sup>
Comentario conjunto					0,5
Valoración global del trabajo individual	1,5	1,5	1	1,5	0,5
Participación en las sesiones de tutoría	1	1		0,5	
Presentación oral individual				0,5	
Defensa de la presentación			0,5 <sup>1,2</sup>		0,5 <sup>2</sup>
Comentario individual	0,5	0,5	0,5 <sup>3</sup>	0,5	

1. Nota que resulta del consenso entre todos los profesores-tutores. Si no se indica lo contrario la nota la decide el tutor de cada ABP.

2. Se valora mediante una pregunta específica a cada alumno/a.

3. Incluye la valoración del trabajo de las otras presentaciones ABP, pero que no es evaluado, sino que solo se utiliza como estímulo para la asistencia a las presentaciones de los compañeros del grupo-clase.

igual para todos. En algún caso, especialmente cuando los grupos son de dimensión más pequeña, se ha favorecido el modelo en el que todos los alumnos presentan una pequeña parte, o incluso se ha propuesto que se hagan varias presentaciones sobre el mismo tema al subdividir el Grupo ABP en subgrupos. La valoración se realiza en todas las propuestas por el equipo de tutores (Tabla 1), que consensúa una nota. Los aspectos a valorar son: el nivel y calidad de los contenidos, el grado de síntesis, la organización de la presentación y su hilo conductor, la capacidad comunicativa, la claridad expositiva, el ajuste al tiempo de exposición disponible y los aspectos formales de la presentación. Se ha hecho especial énfasis en que los alumnos aprendan los aspectos formales de cómo hacer bien una presentación científica, como por ejemplo la correcta citación de las fuentes documentales. Algunos equipos docentes han ponderado cuantitativamente estos diferentes aspectos para poder estandarizar la valoración entre los miembros del equipo docente.

#### **2.3.3.3. Defensa de la presentación: preguntas y respuestas**

En este apartado se puede valorar el nivel de comprensión y el aprendizaje de conceptos específicos por parte del alumno. En algunas de las propuestas de evaluación se hace mediante una pregunta específica de los tutores o de los compañeros y compañeras del grupo-clase a cada alumno/a. En otra modalidad, las preguntas se realizan por un Grupo de ABP que actúa como tribunal a todos los miembros que presentan su trabajo y la respuesta puede ser dada por cualquier alumno. De esta manera todos los alumnos tienen una doble responsabilidad, ya que participan como defensores del trabajo de su Grupo ABP y como tribunal que pregunta a los defensores. En las sesiones de tutoría se anima a los alumnos a participar en el debate, que comporta que todos los miembros del equipo (y no solo los representantes que hacen de portavoz) conozcan todos los detalles del trabajo. En este modelo se evalúan tanto las preguntas del tribunal como las respuestas. La actividad de defensa dura entre 10 y 15 minutos.

#### **2.3.3.4. Comentario final**

En la mayor parte de las propuestas (Tabla 1) se pide a cada alumno/a la entrega de un comentario final sobre el contenido y la experiencia del trabajo hecho (autorreflexión). El comentario no debe ser demasiado largo (máximo una página) y se entrega obligatoriamente el día de la presentación. La evaluación se realiza por el tutor correspondiente. El análisis de los comentarios individuales permite, además, tener una opinión del alumno/a sobre el interés y la efectividad de la actividad de ABP que será comentada más adelante (ver apartado 2.3.4.).

En uno de los grados se ha pedido que además de la presentación en Power Point se entregase por escrito un documento conjunto del Grupo ABP en el que relatasen las principales conclusiones del trabajo realizado, en un espacio máximo de una página.

#### **2.3.4. Valoración de la experiencia por parte de los alumnos**

Las opiniones de los alumnos se han obtenido a partir de los comentarios individuales que han tenido que presentar por escrito como parte del proceso de evaluación de la actividad de ABP (ver apartado 2.3.3.4.). Mediante el uso de una ficha diseñada para poder cuantificar la frecuencia de las valoraciones a partir de las opiniones expresadas por cada

estudiante en sus escritos, se han revisado aproximadamente 250 comentarios individuales. Es importante mencionar que estas opiniones fueron formuladas libremente en sus escritos y no como resultado de haberlas preguntado específicamente, aunque se les orientaba un poco sobre el tipo de cuestiones o aspectos a comentar. En el caso del grado de Ciencias Biomédicas, los alumnos no tenían que entregar un comentario individual escrito (entregaron un comentario conjunto, ver sección 3) y la valoración de su experiencia se ha realizado a partir de una encuesta contestada por unos 90 alumnos, que representan aproximadamente el 75% de los estudiantes matriculados en el curso 2009-2010.

La mayoría de los alumnos de todos los grados (más del 90%) han expresado que han aprendido conceptos y conocimientos nuevos a partir de la metodología de ABP, y también que ha aumentado su motivación en relación al problema tratado. Este porcentaje es similar entre los cursos 2009-2010 y 2010-2011, y disminuye ligeramente en los ABP que se realizaron por la tarde (80%). Algunos alumnos del grado de Biología han destacado las perspectivas que abre el ABP al tratar problemas complejos en muchos casos en un contexto social, por ejemplo:

«Me ha hecho ver las conexiones de la ciencia de la Biología con la sociedad». «Esta iniciativa del ABP es adecuada para empezar a fomentar nuestro interés científico ante problemas reales y ayuda a aprender a trabajar en grupo».

«Me ha hecho ver que el trabajo de los biólogos es más interesante y variado de lo que creía».

Prácticamente todos los alumnos estuvieron de acuerdo en que los ABP eran una manera más innovadora de aprender y en general entendieron la filosofía de esta actividad («Es una forma diferente y nueva de tratar un tema biológico de manera dinámica y cooperativa; Manera de aprendizaje diferente, dinámica y divertida», comentan dos alumnos del grado de Bioquímica). También creen que las actividades de ABP han ayudado a tratar de una manera más eficaz la información así como a presentarla en un determinado formato con unas condiciones específicas (número de diapositivas y tiempo de exposición). En relación con el tratamiento de la información, podemos destacar el siguiente comentario de una alumna:

«Mi experiencia personal respecto al ABP ha sido agradable y muy fructífera ya que he aprendido no solo sobre el tema principal que hemos tratado, y que de veras me ha resultado muy interesante y sorprendente, sino que también he aprendido a realizar conclusiones y búsqueda de información de forma autónoma, lo cual me ha aportado confianza y ganas de seguir aprendiendo cada día».

Los alumnos también reconocen que trabajar en grupo ofrece beneficios para su formación. Así lo expresaron el 90% de los alumnos en los ABP de mañana del grado de Biología, el 55% en los ABP de tarde del grado de Biología y el 38% en los ABP del grado de Biotecnología. Una alumna del grado de Biotecnología comenta:

«Hay que decir también que el ABP es un método moderno y personalmente considero que es una forma muy acertada en la carrera de biotecnología por el hecho de que se trata de un trabajo en grupo, o mejor dicho, se requiere el trabajo en grupo».

En principio, los alumnos no han tenido grandes dificultades para organizarse para trabajar en grupo, ya que solo un 14% han expresado estas dificultades (32% en grupos de tarde). Un comentario interesante de una alumna, que puede reflejar un sentir general, es el siguiente:

«He de decir que cuando nos reunimos por primera vez no pude evitar sentir algo de pánico por el futuro de este proyecto. Éramos demasiados para poder organizar de manera eficiente un trabajo con exposición oral incluida, teníamos, a mi parecer, demasiada libertad para encaminar la búsqueda [sic] y se avecinaban las vacaciones de Navidad. Pero conforme han pasado los días hemos sabido organizarnos, repartir el trabajo y discutir sobre qué dirección tomar. Después de esto, me queda decir que ha sido mi primer trabajo en grupo y he aprendido de cada compañero y, sin duda, ha salido mucho mejor de lo que esperaba».

Algunas quejas se han dado también por problemas de calendario, debido a coincidencias con otras actividades docentes. Por ejemplo, algunos alumnos (especialmente del grado de Ciencias Biomédicas y del grado de Biología de tarde) consideraron que los ABP se concentraban a final de curso y se juntaban con los exámenes («la época del ABP no es la adecua-



da debido a la coincidencia con los exámenes»). En general, los alumnos consideran que el grado de tutorización y ayuda que se les da (incluyendo el soporte del campus virtual y la participación en fórums) ha sido suficiente, especialmente en los grupos que se realizaron por la mañana, aunque los resultados son bastante variables (25 a 85%, según el grado y los horarios de mañana y tarde). Seguramente, la dificultad más importante para los alumnos es la organización del grupo de trabajo. Las quejas se centran básicamente en pedir grupos de ABP más reducidos para organizar mejor el trabajo y, de forma muy minoritaria, en que hay miembros del grupo que no trabajan lo mismo que los demás y pueden tener la misma nota. Como solución dinamizadora y para mejorar las interacciones entre los estudiantes, la adopción de la logística con reparto de trabajo parcial en subgrupos del grupo ABP aplicado en algunas propuestas de actividad ABP el primer año, se ha extendido a todas las propuestas (ver apartado 2.3.2.1. Tipologías de organización grupal).

En resumen, según los estudiantes, un punto fuerte de la metodología de las actividades de ABP consiste en ayudar a la adquisición de conocimientos y conceptos nuevos en un contexto de trabajo en equipo, en aumentar la motivación por problemas complejos que no conocen muy bien, y en la mejora de sus capacidades de comunicación. Los puntos más débiles de las actividades de ABP tienen que ver con su percepción inicial de la dificultad de organizarse en grupos de trabajo (que mejora con el curso de las sesiones) y los problemas de coincidencia con otras actividades docentes. En este sentido, una buena programación del calendario ayuda a obtener buenos resultados, pero no hay que olvidar que la coincidencia de actividades y tareas diversas es inherente a toda vida profesional, y que por lo tanto es importante que el alumno se entrene en gestionar su tiempo de la mejor manera para hacer frente a esta cotidianidad. La sugerencia de los estudiantes de aumentar el número de sesiones de trabajo para mejorar la organización del grupo ha sido parcialmente reconocida y en el segundo año de aplicación de la experiencia algunas sesiones de tutoría han sido de más duración. Aun así, hay que decir que estamos limitados por la oferta posible de presencialidad respecto al total de horas de dedicación de alumno por crédito matriculado. Finalmente, para cuantificar mejor las valoraciones de los estudiantes habría que diseñar una sencilla encuesta normalizada para todos los grados.

## 2.4. Seminarios de teoría (grado de Ciencias Biomédicas)

El objetivo del grado de Ciencias Biomédicas es proporcionar a los estudiantes los conocimientos necesarios para entender las bases biológicas de las enfermedades humanas, con un énfasis especial en aspectos biológicos de la patología moderna, y conocer el trabajo en un laboratorio biomédico de investigación y en las diferentes unidades de análisis, de monitorización y de diagnóstico de enfermedades.

El profesorado implicado en la docencia de Biología I de este grado considera que para conseguir este objetivo, una parte importante de la docencia debe estar dirigida a entender al ser humano en su contexto evolutivo como especie. En este sentido, los alumnos solo tienen esta posibilidad si cursan la asignatura de Antropología Biológica, obligatoria en el grado de Biología, y optativa en el de Ciencias Biomédicas. Por esta razón, se decidió reducir la parte de teoría de la asignatura común con los demás grados e incluir varios seminarios de carácter teórico que tratasen los conceptos claves de la evolución humana así como el reconocimiento de la condición natural de la enfermedad humana, tanto a escala individual como poblacional. Igualmente, en estos seminarios se trata la relación del binomio salud-enfermedad como un fenómeno dinámico dentro de las poblaciones donde los aspectos socioeconómicos y sociodemográficos asociados a la «cultura» tienen un papel relevante.

Los seminarios son impartidos por profesorado de la Unidad de Antropología (Departamento de Biología Animal). El primer bloque de seminarios sirve para centrar el contexto evolutivo de la especie humana, discutiendo de dónde viene nuestro linaje, qué nos ha hecho humanos (hominización vs. humanización) y cómo somos actualmente. Igualmente, se toma en consideración cómo el incremento del tamaño de los grupos humanos relacionado con el Neolítico supuso un gran cambio en el estilo de vida que tuvo consecuencias en el entorno y en la salud de los individuos. El segundo bloque de seminarios está centrado en el binomio salud-enfermedad. Se introduce el concepto de etiopatogenia y clasificación de enfermedad según la Organización Mundial de la Salud (OMS). Se discuten cuáles han sido las condiciones sociosanitarias, económicas y culturales del entorno del individuo que, en primer

lugar, han determinado cómo las poblaciones se enfrentan a la enfermedad y, en segundo lugar, han determinado las principales causas de mortalidad. Finalmente, se definen conceptos claves relacionados con la Epidemiología, como por ejemplo prevalencias, incidencias y riesgos relativos. El último bloque de estos seminarios incluye una jornada en las que participan diferentes Facultades y Centros Hospitalarios donde se pretende que los alumnos conozcan, más cercanamente, su futuro mundo laboral de la mano de profesionales de reconocida trayectoria que trabajan en campos afines a su grado.

Se ha de destacar que todos los profesionales invitados a estas jornadas han colaborado de forma totalmente desinteresada. Durante estos dos cursos académicos han participado médicos y biólogos que han colocado a la enfermedad en un contexto real para los alumnos (Dr. J.M. Grau, médico, Hospital Clínico) y han dado ejemplos de algunas de las salidas profesionales para los graduados en Ciencias Biomédicas, desde el diagnóstico anatomopatológico (Dr. J. Ordia, médico, Hospital Clínico y el Dr. S. Serrano, médico, Hospital del Mar), al diagnóstico prenatal (Dra. A. Carrió, bióloga, Hospital Clínico), hasta la reproducción asistida (Dr. V. Moreno, biólogo, Unidad de Reproducción Asistida FIV, Hospital Clínico). Esta jornada sirve de preámbulo a las visitas que se hacen a diferentes departamentos hospitalarios.

Los conocimientos adquiridos en los seminarios solo se evalúan en la Prueba Final de Síntesis que se hace al final del cuatrimestre. El peso específico de los seminarios en esta prueba es del 50%, dado que la parte de teoría ya se ha evaluado previamente en la prueba parcial que también se hace en todos los grados.

## **2.5. Prácticas/visitas**

Las prácticas o visitas de la asignatura de Biología I son actividades presenciales obligatorias que se desarrollan a lo largo de medio día (una mañana) fuera del ámbito de las aulas universitarias. El objetivo común en todas ellas es que los alumnos tengan un primer contacto con algunas de las actividades, metodologías o aparatos que pueden ser

utilizados por los diferentes profesionales de la Biología, ya sea en el laboratorio o en la naturaleza.

La idiosincrasia de cada uno de los cuatro grados en los que se imparte esta asignatura y su diferente visión de la Biología, comporta que esta actividad sea diversa, tanto en su planteamiento como en su contenido. En los grados de Biología y Biotecnología se hace una práctica de campo en la que los organismos vivos y su entorno son el eje de la actividad. En el grado de Bioquímica se hace una visita comentada a un laboratorio o servicio de la Facultad y en el de Ciencias Biomédicas a un departamento hospitalario.

### **2.5.1. Desarrollo de las prácticas/visitas**

#### **2.5.1.1. Grados de Biología y Biotecnología**

La práctica de campo se ha organizado de forma compartida por profesores de tres departamentos: Biología Vegetal, Biología Animal y Ecología. La práctica está planteada como un ejercicio metodológico de campo para que los alumnos aprendan a tomar datos mediante diferentes técnicas y empiecen a familiarizarse con conceptos como muestreo, réplicas, la importancia del rigor en la toma de datos, etc. Dado el enfoque evolutivo de la asignatura, surgió la idea de analizar ambientes cercanos geográficamente pero diferentes en cuanto a las comunidades de organismos que sustentan.

Los profesores que participan en la práctica tienen una experiencia similar en el trabajo y en la docencia en el campo y eso facilita el planteamiento y desarrollo. Además, las peculiaridades de cada área de docencia han servido para enriquecer el resultado. Así, a partir de una visión paisajístico-fenológica de la vegetación, una visión funcional de la fauna y una visión estructural de la ecología se ha podido diseñar una práctica muy cohesionada que incluye diferentes metodologías, todas ellas encaminadas a obtener datos que permitan construir un hilo conductor para describir las diferencias entre las comunidades de organismos y explicar lo que encontramos en el lugar estudiado.

Por otro lado las limitaciones logísticas: el poco tiempo (práctica de medio día) y el elevado número de alumnos, determinan el formato de la práctica de campo. Una práctica de una mañana requiere un desplaza-

miento corto y, por lo tanto, no permite trabajar todos los ambientes con todos los alumnos. La práctica se articula en trabajos modulares que realizan grupos pequeños de alumnos, de manera que los datos obtenidos por cada grupo y en cada sesión práctica sea una réplica a añadir a una matriz de datos común. Esta matriz única ha de tener réplicas en función de los días de prácticas con los alumnos. Esta estructura, además, facilita la introducción de los conceptos de réplica, de estandarización de metodologías y de rigor en el trabajo, permitiendo que los datos tomados en diferentes días y por diferentes personas sean útiles para todos.

Finalmente, se hace una sesión final conjunta en un aula con la finalidad de dar una visión global de la práctica y a la vez permitir que los profesores homogeneicen las diferentes visiones que han transmitido al campo.

### ***Objetivo global***

La práctica de campo tiene como objetivo general aprender a desarrollar un trabajo científico consistente en la comparación de tres ecosistemas mediterráneos diferenciados. Para conseguir este objetivo es necesario desarrollar trabajos de campo (muestreo, toma de datos, identificación en el campo de las especies, géneros o familias vegetales) y en el laboratorio (identificación taxonómica, si es necesario, y cálculos numéricos).

### ***Objetivos concretos***

Se pretende que los alumnos aprendan:

- los conceptos de muestreo, muestra y dato;
- las distintas metodologías de muestreo;
- el rigor de la toma de datos;
- la identificación de especies, morfoespecies y categorías funcionales de especies;
- la elaboración de datos;
- la elaboración de una discusión en base a unos resultados obtenidos.

### ***Lugar***

Las prácticas de campo se realizan en el área de la Rierada, una zona situada dentro del Parque Natural de Collserola y que presenta un grado de conservación de los ecosistemas aceptable. A los alumnos se les

recuerda que este lugar es un área protegida y que por lo tanto se ha de minimizar en la medida de lo posible el grado de perturbación que se provoca con nuestras visitas.

### ***Grupos de trabajo***

La asignatura tiene muchos alumnos (del orden de 180), se hacen tres salidas en días diferentes. En cada práctica los alumnos se dividen en nueve grupos de trabajo, y cada tres grupos son tutelados por un profesor. Todos los alumnos realizan las mismas tareas, de manera que, aunque sean muchos los alumnos, en realidad los grupos de trabajo son muy reducidos (del orden de siete alumnos).

### ***Trabajos de campo***

Se trabaja en tres ecosistemas muy diferenciados, situados cerca unos de otros (unos centenares de metros): un prado abandonado (al que llamamos zona A), un encinar mixto (al que llamaremos zona B) y un matorral con pinos (que denominaremos zona C). En cada zona se hacen tres grupos de trabajo simultáneo, y cada grupo de trabajo hace un muestreo, los alumnos de un mismo grupo se distribuyen las tareas a realizar (recolección de muestras de vegetación e identificación de plantas, recolección de muestras de fauna e identificación de grupos, anotación de los datos en la hoja de campo, tomada de variables ambientales) y son asesorados por un profesor.

### ***Metodología del muestreo***

Para la toma de muestras y datos de la fauna, de vegetación y de determinadas variables ambientales, se trabaja según un protocolo de muestreo de «transecto lineal» Este protocolo de muestreo se basa en tirar, en una dirección aleatoria dentro del área de estudio, una cuerda graduada (por ejemplo de 10 m de longitud) y recoger muestras y datos a intervalos prefijados siguiendo esta línea de transecto.

En cada transecto, a intervalos de distancia predeterminados, se toman muestras de la fauna que vive sobre la vegetación (insectos y arácnidos fundamentalmente), se identifican todas las plantas que se encuentran (con la ayuda de una guía de plantas previamente elaborada por el profesorado) y se toman medidas de la temperatura del aire, la temperatura del suelo y el grado de cobertura vegetal. Posteriormente,

también en el campo, las muestras de fauna se clasifican en diversas categorías funcionales según diferentes rasgos biológicos referidos a su desplazamiento o a la estrategia trófica (animales voladores, caminadores, depredadores) y se miden todos los individuos para tener una estima de la biomasa animal. De forma similar, todas las especies vegetales y de hongos se clasifican también en diversos tipos biológicos (epífitos, herbáceas, lianas, arbustos y árboles).

### ***Elaboración de datos y realización del informe final***

Todos los datos tomados en el campo durante la realización de los transectos se anotan en hojas de campo especialmente diseñadas. Posteriormente, los alumnos transcriben estos datos a un archivo tipo Excel, que también ha sido previamente preparado para tal fin, y cada grupo de trabajo ha de enviar al profesor los datos recogidos. Los datos de todos los grupos de trabajo que han realizado la salida en la misma fecha, se introducen en una única hoja de cálculo que se pone a disposición de los alumnos en el Campus Virtual de la asignatura. Este protocolo permite que todos los alumnos de una misma salida de campo tengan acceso a todos los datos generados en todos los transectos realizados por los nueve grupos de trabajo. Esta metodología hace que cada alumno pueda elaborar y analizar los resultados y, así, realizar una discusión comparando los tres ecosistemas trabajados (que es el objetivo final de todos los trabajos).

### ***Sesión de discusión conjunta***

Una vez se han realizado todas las prácticas de campo y los alumnos han trabajado los datos, se programa una sesión de aula con todos los alumnos de un grupo de teoría a la vez. En esta sesión se lleva a cabo una discusión global de todo lo que se ha hecho, los resultados que se han obtenido, y las conclusiones a las que se puede llegar.

## **2.5.1.2. Grado de Bioquímica**

### ***Objetivo global***

En el grado de Bioquímica se hace una visita a diferentes laboratorios y servicios de uso general de la Facultad de Biología que trabajan utilizando protocolos bioquímicos. El objetivo es ver diferentes aparatos, la organización y conocer la labor del personal de investigación, en especial la de los doctorandos.

### ***Grupos de trabajo***

La visita comienza en un aula donde se explican a los alumnos los diferentes niveles de formación que pueden conseguir como bioquímicos y las posibles salidas laborales. La explicación se realiza con el soporte de una presentación proyectada y hay interacción de preguntas-respuestas con los estudiantes.

Después se divide el grupo en dos subgrupos (cada grupo tutelado por un profesor) y se visitan unos servicios analíticos y un laboratorio de investigación de la Facultad de Biología. La idea no es que los alumnos lo vean todo, sino que entiendan qué es un «servicio» y qué es un laboratorio de investigación (y, por lo tanto, diferente a uno de prácticas). Un grupo realiza una visita al Servicio de Radioactividad y, después, a un laboratorio de investigación dentro del Departamento de Bioquímica. El otro grupo visita el Servicio de Microscopia Confocal y el de Esterilización y, después, la «cocina» de *Drosophila* (donde se prepara el medio de cultivo), la sala de aparatos y un laboratorio de investigación del Departamento de Genética.

### ***2.5.1.3. Grado de Ciencias Biomédicas***

#### ***Objetivo global***

En el grupo de Ciencias Biomédicas, se hace una visita a un centro hospitalario. Previamente a la visita, hay una jornada docente colaborativa entre la Facultad de Medicina y la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona, en la que intervienen médicos y biólogos como profesionales del sistema de salud. Se pretende, así, ofrecer una visión interdisciplinaria de la investigación en la enfermedad que se refuerza con la visita que el alumno hace al departamento hospitalario asignado.

### ***Grupos de trabajo***

Se hacen grupos de doce alumnos y cada uno visita un departamento: el de Anatomía Patológica del Hospital del Mar y distintos departamentos del Hospital Clínic de Barcelona como, el de Diagnóstico de Cáncer, el de Tratamiento de la Infertilidad y el de Diagnóstico Genético Prenatal.



### **2.5.2. Evaluación de las prácticas/visitas**

En el sistema de evaluación de la asignatura de Biología I, las prácticas/visitas suponen un 0,5 de la nota final de la asignatura. En todos los grados la asistencia a la actividad es obligatoria, y necesaria para poder realizar la prueba de síntesis, y supone conseguir un mínimo de las competencias planteadas. No obstante, la valoración de las prácticas/visitas es diferente según el grado. Quizás es este uno de los puntos en los que el equipo docente de la asignatura ha de buscar un mayor consenso.

#### **2.2.5.1. Grados de Biología y Biotecnología**

Después de las actividades desarrolladas durante la práctica de campo el alumno ha de trabajar, de forma individual, los datos recogidos en la hoja de cálculo prediseñada. Tiene que calcular diferentes índices biológicos, unos con los datos de la vegetación (incluyendo plantas y hongos) y otra con los datos de la fauna (insectos y arácnidos), y ha de hacer un breve informe que incluya los cálculos realizados y una discusión de los mismos.

Un envío de la hoja de cálculo completa, con los cálculos y la discusión, se hace a través del Campus Virtual. A la asistencia y el desarrollo de las actividades en el campo se le da una puntuación de 0,3 puntos y el resto de puntuación hasta un máximo de 0,5 puntos corresponde a la evaluación del trabajo personal presentado por el alumno.

#### **2.5.2.2. Grado de Bioquímica**

La asistencia a la visita a los laboratorios proporciona 0,2 puntos y se justifica firmando en un listado de participantes. Después de la visita los alumnos tienen que tramitar al profesor de teoría un pequeño informe con la valoración de la visita, aspectos que hay que mejorar, etc. La plantilla del informe la tienen en el Campus Virtual y la extensión es de media hoja. Hacer y entregar el informe vale 0,3 puntos.

#### **2.5.2.3. Grado de Ciencias Biomédicas**

La asistencia a la jornada docente colaborativa más la visita suponen 0,5 puntos de la nota total

### 3. RESULTADOS

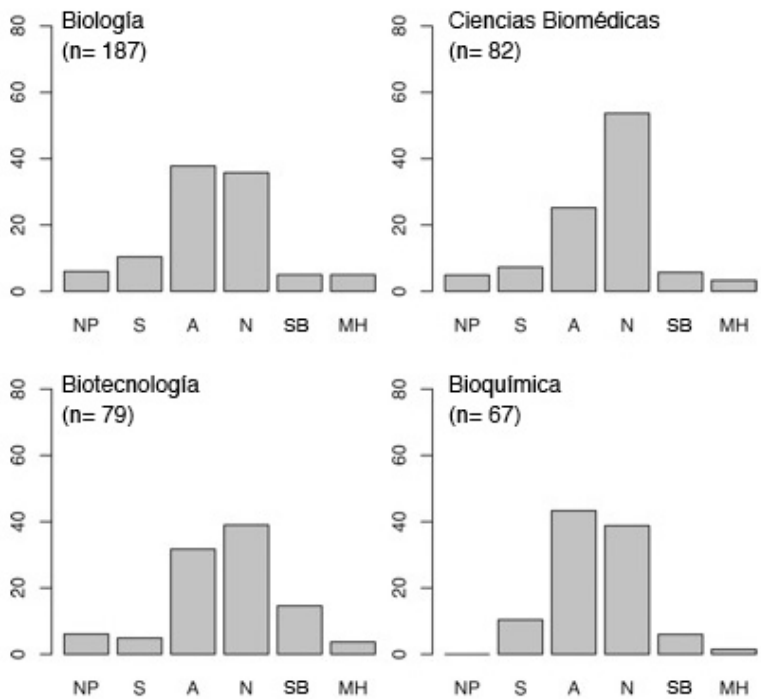
#### 3.1. Análisis de las calificaciones, cursos 2009-2010 y 2010-2011

Se han analizado las calificaciones finales de la asignatura de Biología I de los cursos 2009-2010 y 2010-2011, en los diferentes grados y se ha hecho una valoración de la relación de las calificaciones (matrículas de honor, sobresalientes, notables, aprobados, suspensos y no presentados) en cada uno de ellos (Figuras 3 y 4). Haciendo una valoración global, lo que se observa es que el número de no presentados queda por debajo del 5% en todos los grados y en los dos cursos. El número de suspensos no supera el 10%. Por lo tanto, superar esta asignatura no resulta difícil para el alumno de primero. Si comparamos estos datos con dos asignaturas del segundo cuatrimestre (Citología-Histología y Bioquímica, curso 2009-2010, Figura 5), comunes a todos los grados, también hay un tanto por ciento alto de alumnos que las superan, si bien el porcentaje de suspensos (20-25%) es más elevado que el que encontramos en la asignatura de Biología I.

Mediante un análisis detallado de los resultados de la asignatura de Biología I, vemos que el número de aprobados y notables en los grados de Biología, Biotecnología y Bioquímica siguen un patrón muy similar. Los datos difieren en el grado de Ciencias Biomédicas, donde el número de aprobados es mucho menor e incrementa el número de notables, sobre todo en el curso 2010-2011 (Figura 4). Si bien el plan docente es el mismo en los cuatro grados, la introducción de seminarios en Ciencias Biomédicas podría explicar que sea el grado con más notables. Los seminarios que se imparten condicionan que la teoría sea un poco más reducida que en resto de grados. Además, en la prueba de síntesis, esta parte tiene un peso de un 50%, a diferencia del resto de grados donde el 100% es teoría. Por lo tanto, es posible que la prueba de síntesis del grado de Ciencias Biomédicas resulte relativamente más fácil que la de otros grupos.

Con respecto a los sobresalientes, hay diferencias entre los dos cursos 2009-2010 y 2010-2011. En el curso 2010-2011, hay menos en los grados de Bioquímica y Biotecnología, pero aumentan en el grado de

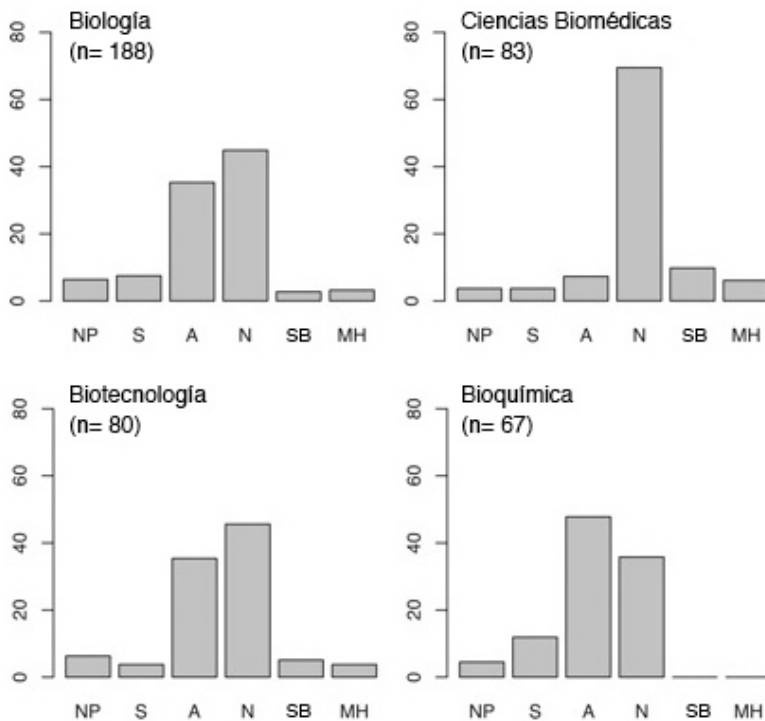
Figura 3. Distribución de notas de la asignatura de Biología I del curso 2009-2010 y para cada grado.



NP=No Presentado, S=Suspendido, A=Aprobado, N=Notable, SB=Sobresaliente, MH=Matrícula de Honor.

Ciencias Biomédicas. No obstante, en general no superan el 5%, salvo el curso 2009-2010 en el grado de Biotecnología (Figura 3). En lo que se refiere a las matrículas de honor, en el curso 2009-2010 se concedieron a todos los alumnos posibles, según la normativa, siempre y cuando la nota final fuese cercana a 10, en concreto fueron: 10 en el grado de Biología (187 alumnos), 3 en el de Biotecnología (79 alumnos) y 4 en el de Ciencias Biomédicas (82 alumnos); mientras que solo se dotó una en el grado de Bioquímica (67 alumnos). En el curso 2010-2011, en ninguno de los grados se pusieron todas las matrículas posibles.

**Figura 4. Distribución de notas de la asignatura de Biología I del curso 2010-2011 y para cada grado.**



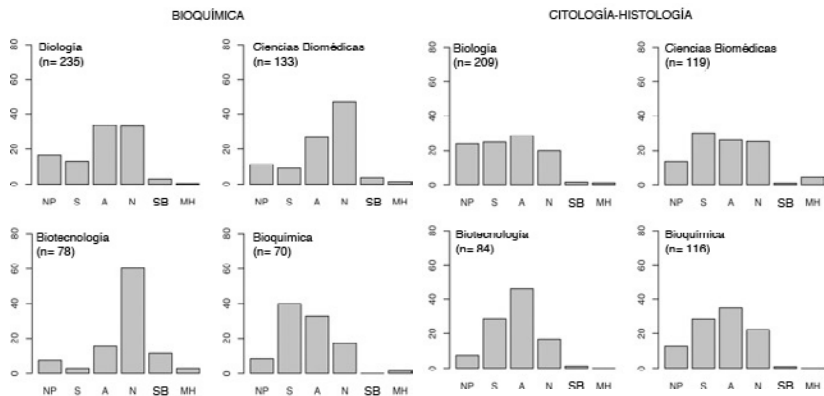
NP= No Presentado, S=Suspendido, A=Aprobado, N=Notable, SB=Sobresaliente, MH=Matrícula de Honor.

Con el fin de tener un análisis más detallado de los resultados obtenidos, se han hecho valoraciones de las diferentes pruebas evaluadas durante el curso y comparables entre los grados (es decir, prueba test, actividades ABP y prueba de síntesis). No se ha considerado la práctica o la visita a centros de investigación. Con este análisis se han considerado las notas del curso 2009-2010.

### **3.1.1. Análisis de cada una de las pruebas**

Al analizar una prueba de test vemos que los resultados son muy similares entre los cuatro grados, pero con las notas ligeramente más bajas

**Figura 5. Distribución de notas de las asignaturas de Bioquímica y Citología del curso 2010-2011 y para cada grado.**



NP= No Presentado, S=Suspendido, A=Aprobado, N=Notable, SB=Sobresaliente, MH=Matrícula de Honor.

en el grado de Biología y Biotecnología. Por otro lado, el grado de Biotecnología es el que presenta menos dispersión de notas. Un análisis estadístico de la varianza (ANOVA,  $F(1,3)=1,99$ ;  $p=0,11$ ) indica que las medias del test no presentan diferencias significativas entre grados.

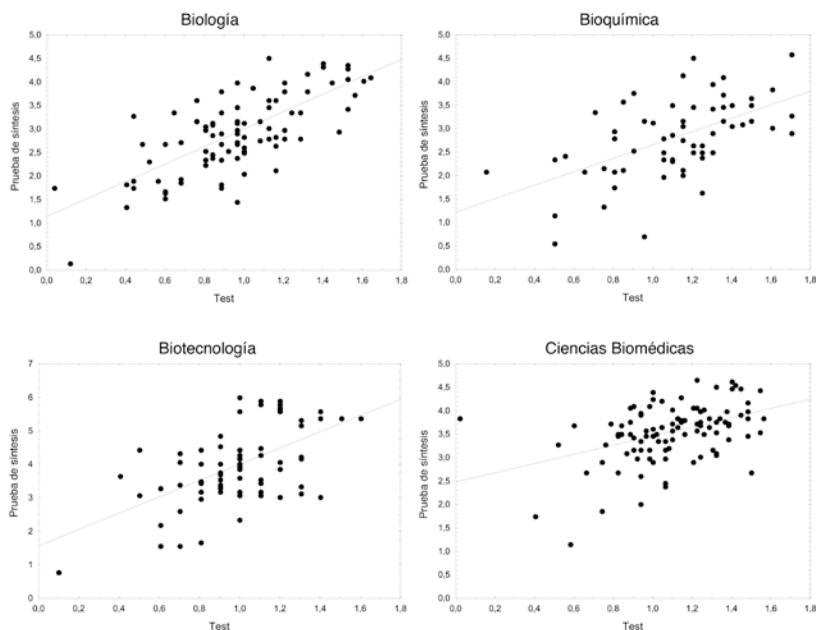
La valoración de las actividades de ABP evidencia que las notas más altas y a la vez con más dispersión se dan en el grado de Biología. Las notas más bajas se encuentran en el grado de Ciencias Biomédicas, con muy poca dispersión. Todos los alumnos superan muy bien las actividades de ABP, a pesar de ser una prueba que comporta mucha dedicación y que al ser un trabajo en grupo podría enmascarar el trabajo individual. Este último aspecto, es decir, la valoración del trabajo individual respecto al colectivo, se ha procurado que quedase lo mejor representado posible en la nota de la actividad de ABP. El análisis ANOVA nos indica que existe una diferencia significativa entre la nota de las actividades de ABP y la media de los diferentes grados ( $F(1,3)=18,75$ ;  $p<0,0001$ ). Esta diferencia corresponde (test post hoc de Scheffé), sobre todo, al grado de Ciencias Biomédicas dado que la media para los otros grados no muestra diferencias significativas. El detalle de las diferentes propuestas de evaluación de las actividades de ABP se presenta en el capítulo correspondiente de este trabajo.

En la prueba de síntesis, los grados de Biología y Bioquímica presentan notas muy similares, y en los grados de Biotecnología y de Ciencias Biomédicas es donde se obtienen notas más altas. En general, parece que hay más facilidad para superar esta prueba que la de test. El análisis mediante una ANOVA nos informa de que la media de la nota de la prueba de síntesis difiere significativamente entre grados ( $F(1,3)=33,01$ ;  $p<0,001$ ). La prueba post hoc de Scheffé nos indica que la nota media de todos los grados difiere entre sí excepto la de Biología y la de Bioquímica.

### 3.1.1.1. Relación del test con la prueba de síntesis

En todos los grados existe una relación significativa entre la nota de test y la nota de la prueba de síntesis (Biología,  $R=0,72$   $p<0,0001$ ; Bioquímica,  $R=0,56$   $p<0,0001$ ; Biotecnología,  $R=0,57$   $p<0,0001$ ; Ciencias Biomédicas,  $R=0,43$   $p<0,0001$ ). Por lo tanto, obtener una buena nota

**Figura 6. Regresión entre las notas obtenidas en el test y la prueba de síntesis en los cuatro grados. Curso 2009-2010.**



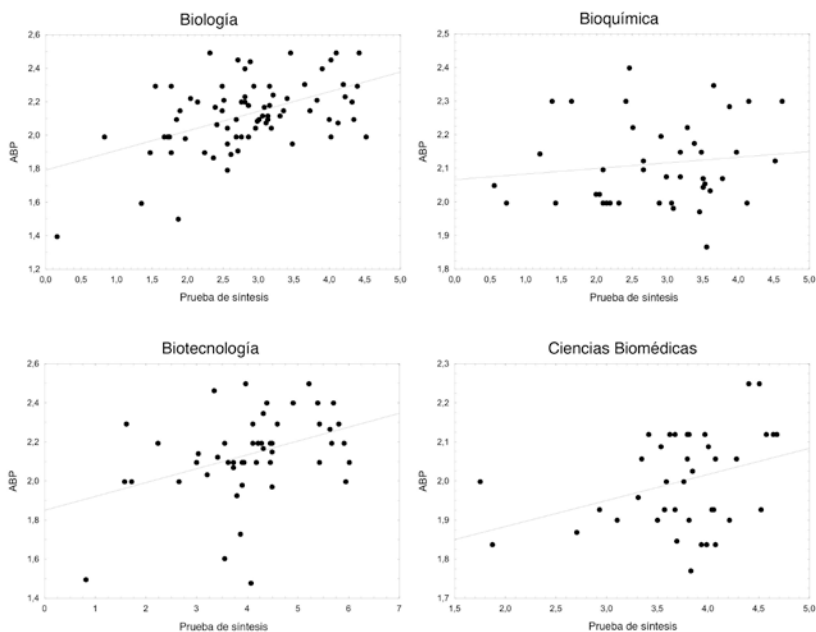
del test está relacionado con una buena nota de la prueba de síntesis (Figura 6).

### 3.1.1.2. Relación de la prueba de síntesis con el ABP

En todos los grados se observa dispersión entre ambas pruebas. En tres de los grados existe una correlación significativa (Biología,  $R=0,50$   $p<0,0001$ ; Biotecnología,  $R=0,38$   $p<0,006$ ; Ciencias Biomédicas,  $R=0,35$   $p<0,026$ ). No sucede lo mismo en el grado de Bioquímica ( $R=0,13$   $p<0,41$ ), lo que quiere decir que a más nota de la prueba de síntesis no hay, necesariamente, mejor nota de la actividad de ABP. Esta falta de relación en el grado de Bioquímica y el coeficiente de correlación bajo en los otros tres grados, puede ser debida a que en la nota del ABP se consideran dos valores: uno individual y otro de grupo (Figura 7).

En definitiva, los resultados obtenidos en este proceso de aprendizaje activo, van en la misma dirección que los obtenidos en un estudio

**Figura 7. Regresión entre las notas obtenidas en la prueba de síntesis y en el ABP en los cuatro grados. Curso 2009-2010.**



reciente llevado a cabo por la Universidad de Washington y publicado en la revista Science (Haak et al., 2011). En este estudio se demuestra cómo una asignatura de biología general basada en un aprendizaje activo, mejora las competencias de los alumnos y reduce la distancia entre los alumnos mejores y los peores.

### 3.2. Valoración de las encuestas del alumnado

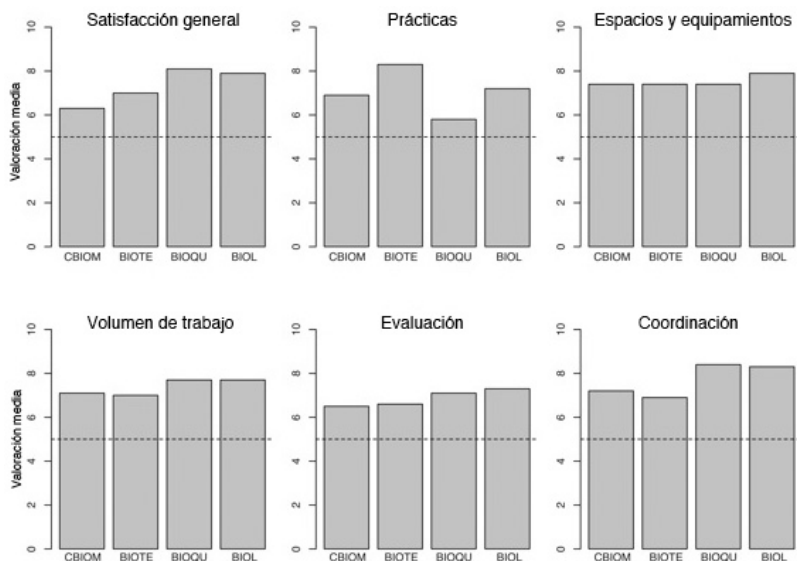
Para valorar el grado de satisfacción del alumnado de la asignatura de Biología I, se han utilizado las encuestas de valoración de la asignatura en los diferentes grados: Ciencias Biomédicas (curso 2009-2010) y Biología (curso 2010-2011). En esta valoración ha participado un total de 147 alumnos (un 31,9% del alumnado), repartidos de la siguiente manera: 50 en Ciencias Biomédicas (60,9%), 13 en Biotecnología (16,4%), 35 en Bioquímica (52,2%) y 49 en Biología (26,1%). Los parámetros valorados, en una escala del 0 (totalmente en desacuerdo) al 10 (totalmente de acuerdo), son los siguientes:

- satisfacción general de la asignatura,
- prácticas adecuadas,
- espacios y equipamientos adecuados,
- volumen de trabajo exigido proporcional a los créditos de la asignatura,
- actividades de evaluación adecuadas,
- coordinación entre el profesorado adecuada.

En general, los resultados muestran que los alumnos están satisfechos con la asignatura (Figura 8) y, para todos los parámetros, el valor medio siempre es superior a 5. Considerando todos los grados, el parámetro más uniforme es el referente a los espacios y equipamientos. Bioquímica y Biología son los grados mejor valorados por la mayoría de los parámetros, pero sobre todo en lo que respecta a la satisfacción general y a la coordinación, con valores medios alrededor o por encima de 8. El grado de Biotecnología tiene una valoración alta de las prácticas, lo que contrasta con el grado de Bioquímica, con una valoración media para este parámetro de 5,8. El grado de Ciencias Biomédicas es el que tiene una valoración global más baja, con un valor medio de 6,9 para todos



**Figura 8. Valoración media del alumnado en una escala del 0 al 10, según el grado de satisfacción general, las prácticas, los espacios y equipamientos, el volumen de trabajo, las actividades de evaluación y la coordinación del profesorado.**



CBIOM=Ciencias Biomédicas, BIOTE=Biotecnología, BIOQU=Bioquímicas, BIOL=Biología.

los parámetros, mientras que el grado de Biología es el que la tiene más alta, con un valor medio de 7,7. Hay que tener presente que en el caso de Bioquímica y Ciencias Biomédicas la pregunta sobre las prácticas era engañosa, ya que de hecho no se hacen, sino que únicamente se realiza una visita.

## 4. VALORACIÓN GLOBAL Y CONCLUSIONES

Si analizamos la asignatura de Biología I, tanto desde el punto de vista del trabajo hecho como desde los resultados obtenidos, llegamos a la conclusión de que es una experiencia de aprendizaje activo, que ha permitido la adquisición con éxito tanto de competencias generales como específicas.

Cuando hablamos de la labor realizada se ha de valorar, no solo la del equipo docente, sino también la de los alumnos. El profesorado ha trabajado de forma coordinada y, lo que es más importante, con complicidad y colaboración. En la parte presencial de la asignatura, tanto en lo referente a la teoría como a las actividades de aprendizaje basado en problemas, los seminarios o las prácticas/visitas, se ha inducido a los alumnos a reflexionar, a preguntar y a criticar. De esta forma han adquirido más protagonismo y se han dado cuenta de que el aprendizaje activo es el único sistema que les sirve realmente para aprender, madurar como personas y como futuros científicos. Todo esto lo avalan los comentarios de los alumnos sobre el aprendizaje basado en problemas (ver apartado 2.3.4.) y también las preguntas o comentarios de muchos alumnos tanto en las clases presenciales como en los foros del campus virtual de la asignatura.

Hablar de los resultados va más allá de las calificaciones finales y de los resultados de las encuestas del alumnado. Ciertamente son muy buenos, pero lo que verdaderamente hay que valorar es la percepción global del equipo docente y de los alumnos en relación a la experiencia vivida. Realmente ha valido la pena porque, a pesar de las limitaciones económicas del sistema, tenemos el convencimiento de que todos hemos avanzado. El equipo docente ha hecho mucho más de lo que se espera en una asignatura de primer curso; ha contagiado entusiasmo a los estudiantes y eso ha facilitado su trabajo del día a día, requisito imprescindible para la evaluación continuada.

Todo este planteamiento lleva implícito alcanzar competencias generales y específicas. La capacidad de aprendizaje y de responsabilidad,

el trabajo en equipo, la capacidad comunicativa, la capacidad creativa y emprendedora, la motivación para la calidad y el compromiso ético son competencias básicas trabajadas ampliamente en este proyecto. Y finalmente el planteamiento de la Biología I como un análisis de la vida desde las formas más sencillas a las organizaciones más complejas, desde un punto de vista evolutivo y funcional, permite adquirir las competencias específicas que ofrecen el marco donde los estudiantes deberán profundizar con los conocimientos que les proporcionarán las materias más específicas del grado.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- ANECA (2003). *Programa de convergencia europea. El crédito europeo*. Madrid: ANECA.
- ARBOIX, E.; BARBÀ, J.; FERRER, F.; FONT, J.; FORNS, M.; MATEO, J.; MONREAL, P.; PÉREZ, J.; SANGRÀ, A. (2003). «Marco general para la evaluación de los aprendizajes de los estudiantes». *AQU Catalunya*. Barcelona.
- ARENAS, C. (2003). «Los créditos europeos y la adecuación de las asignaturas». *Boletín de la Sociedad de Estadística e Investigación Operativa*, 19, 4-6.
- ARMENGOL, J. (2004). «Què significa canviar a ECTS?» Jornada de reflexió y debate sobre el Modelo Docente de la UPC en el EEES. Barcelona, UPC.
- ARNAU, J.; BONO, R.; GARCÍA, M. (2002). «Integración de nuevas tecnologías en la docencia universitaria». 2º Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación. Tarragona.
- ARNAU, J.; BONO, R. (2003). *El concepte de treball de l'alumne com eix de la organització de l'activitat docent dintre del Espai Europeu d'Ensenyament Superior*. Barcelona: ICE Universitat de Barcelona (Taller).
- BARROWS, H. S.; TAMBLYN, R. M. (1980). *Problem Based Learning*. Nueva York: Springer.
- BREEN, R.; LINDSAY, R.; JENKINS, A.; SMITH, P. (2001). «The role of information and Communications Technologies in a university learning environment». *Studies in Higher Education*, 26, 95-114.
- COMISIÓN EUROPEA (1998). «Sistema europeo de transferencia de créditos». ECTS, Guía del usuario. Educación, Formulación, Juventud. Comisión Europea.
- DOBZHANSKY, T. (1973). «Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution». *The American Biology Teacher*, 35, 125-129.
- ESCOFET, A. (2005). «Ensenyar i aprendre amb TIC». II Jornada d'Innovació Docent. Facultad de Biología. Organizado por la Facultad de Biología y el ICE. Universidad de Barcelona.
- FREEMAN, S. (2009). *Biología* (3.ª ed.). Editorial Pearson Educación.
- HAAK, D. C.; HILLERISLAMBERS, J.; PITRE, E.; FREEMAN, S. (2011). «Increased Structure and Active Learning Reduce the Achievement Biology». *Science*, 332, 1213-1216.

- HAUG, G. (1999). *Bologne and beyond: visions of a European future*. Maas-tricht: Conference Annuelle de l'EAIE.
- HAUG, G.; KIRSTEIN, J. (1999). «Evolution des structures d'éducation Dans l'Enseignement Supérieur en Europe». Conference de la Déclaration de Bologne sur l'Espace Européen d'Enseignement Supérieur.
- ICE Universidad de Zaragoza (2004). *Programa de mejora e innovación de la docencia* [en el marco de la convergencia al Espacio Europeo de Educación Superior]. Zaragoza: ICE Universidad de Zaragoza.
- LANE, N. (2009). *Los diez grandes inventos de la evolución* (1.<sup>a</sup> ed.). Barcelona: Ariel.
- (2010). «Chance or Necessity? Bioenergetics and the Probability of Life». *Journal of Cosmology*, 10, 3286-3304.
- LAVIGNE, R. De (2003). *Créditos europeos y métodos para su asignación*. ECTS Counselors and Diploma Supplement Promoters. EEC.
- LLUCH, A. M. (2006). «Adaptación al crédito ECTS de la asignatura de Matemáticas I de la licenciatura de Químicas en la Universidad Jaume I». Jornadas Nacionales de intercambio de experiencias piloto de implantación de metodologías ECTS. Badajoz.
- MARTÍNEZ, M.; HAUG, G. (2002). «Universidad y ciudadanía europea. Simposio internacional “La formación de europeos”». Academia Española de Ciencias y Artes. España.
- MATEO, J. (2003). «Alternatives per a la evaluació dintre dels nous plans docents de la UB». European Credit Transfer System, Talleres de formación. ICE Universidad de Barcelona.
- MESTRES, F. (2004). «Adecuación de la Genética a los créditos europeos». *Boletín electrónico de la Sociedad Española de Genética*, 18, 2-4.
- MESTRES, F.; ARENAS, C. (2004). «Adecuación a los créditos europeos de las asignaturas con un elevado número de alumnos». III Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación.
- PERETÓ, J. (2009). «A partir d'un inici tan simple. L'origen de la vida: un problema de química amb història». *Treballs de la Societat Catalana de Biologia*, 60, 31-44.
- SADAVA, D.; HELLER, H. C.; ORIAN, G. H.; PURVES, W. H.; HILLIS, D. M. (2008). *Vida, la Ciencia de la Biología* (8.<sup>a</sup> ed.). Editorial Panamericana.
- SOLOMON, E. P.; BERG, L. R.; MARTIN, D. W. (2008). *Biología* (8.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill/Interamericana.

## 6. ANEXO

Temas de ABP desarrollados en la asignatura de Biología I.

### Envejecimiento

#### Planteamiento

El envejecimiento se define a menudo como una pérdida progresiva de la función biológica, hecho que comporta la disminución de la fertilidad y el aumento de la mortalidad con la edad. Este rasgo, que afecta a la supervivencia y a la fertilidad, y que es claramente negativo para el individuo, plantea interrogantes interesantes sobre por qué y cómo ha evolucionado. Así, nos preguntamos: ¿qué es el envejecimiento? ¿Todos los organismos envejecen? ¿Es inevitable envejecer? ¿El envejecimiento está programado biológicamente? ¿Qué papel ha desempeñado la selección natural sobre el envejecimiento? ¿Podemos retrasar el envejecimiento? ¿Qué mecanismos nos pueden explicar el proceso de envejecimiento? A través de estas cuestiones fundamentales se trabaja, mediante la discusión de diversos artículos y el planteamiento y resolución de diferentes problemas científicos, la problemática actual existente en este tema. El tema se trata desde un punto de vista evolutivo, de las bacterias hasta los humanos.

#### Tareas que han de desarrollar los estudiantes

1. Situar el envejecimiento en el contexto de la Biología.
2. Discutir el papel del estrés oxidativo en el proceso de envejecimiento.
3. Preparar la presentación oral.

### Evolución del color de la piel humana

#### Planteamiento

El color de la piel ha evolucionado en una especie de fino compromiso entre la tendencia hacia la tonalidad oscura para evitar que la luz solar destruya un nutriente, el folato, y la tendencia hacia la tonalidad clara para promover la producción de la vitamina D. Así, nos preguntamos:

¿Cómo puede explicarse la diversidad de colores de la piel en los humanos? ¿Qué factores determinan los cambios en la pigmentación de la piel? ¿Qué importancia tiene el color de la piel para la supervivencia? ¿Cuál es la función de la vitamina D y del folato? Científicamente, ¿podemos hablar de razas humanas?

### **Tareas que han de desarrollar los estudiantes**

1. Adquirir conceptos básicos sobre el tema, como la anatomía de la piel humana, el papel de la termorregulación, cómo nos afecta la radiación ultravioleta, saber qué es la melanina, la vitamina D y el folato.
2. Discutir puntos relacionados con la evolución del color de la piel humana, como: ¿Qué factores determinan los cambios en la pigmentación de la piel? ¿Qué papel ha tenido la selección natural en este proceso? ¿Qué importancia tiene el color de la piel para la supervivencia humana? ¿Esta importancia es igual hoy en día que en los orígenes de los primeros seres humanos?
3. Preparar la presentación oral.

## **La alimentación de nuestros antepasados**

### **Planteamiento**

La dieta de nuestros antecesores fue clave en nuestra evolución y nos llevó a la configuración actual de nuestro metabolismo, con el que tenemos que hacer frente a unas condiciones de vida completamente diferentes.

### **Tareas que han de desarrollar los estudiantes**

1. Valorar el entorno ecológico en que tuvo lugar esta evolución, las evidencias fósiles y las huellas fisiológicas y bioquímicas que aún son identificables y que, comparándolas con las de otros mamíferos actuales de dieta conocida (herbívoros, carnívoros, otros simios), nos permiten deducir cómo era aquella alimentación.
2. Plantear el problema de que las condiciones de vida actual pueden llevar a un metabolismo como el nuestro que evolucionó en unas condiciones determinadas.
3. Preparación de la presentación oral.

## El destino de la célula

### Planteamiento

Durante el bachillerato, el proceso celular de la mitosis es muy conocido por todos los estudiantes, mientras que la *interfase* se ventila normalmente en una corta frase, como el período poco significativo entre dos mitosis. Asimismo, en la interfase tienen lugar los principales fenómenos en la vida de una célula y es cuando esta ha de *tomar* sus decisiones vitales. Cuáles son estas decisiones, hacia qué destinos abocan y de qué manera se toman? En otras palabras, para una célula, qué significa *tomar una decisión*?

### Tareas que han de desarrollar los estudiantes

1. Hacer una incursión en el mundo de las proteínas, sin profundizar en los mecanismos moleculares, que determinan que una célula vuelva a dividirse o se diferencie o entre en un programa de muerte programada o en otro de envejecimiento celular
2. Preparación de la presentación oral.

## ¡Alerta, invasión!

### Planteamiento

Los medios de comunicación dedican cada año más tiempo a informar de la presencia de especies recién llegadas que se establecen en nuestros territorios. En algunos casos nos alarman porque nos molestan y afectan directamente (como el mosquito tigre), o porque afectan a las industrias energéticas (como el mejillón cebra) o a los jardines y explotaciones causando pérdidas económicas importantes. En otros, nos parece que liberar animales exóticos en el medio natural es bonito y hacemos un buen servicio. También podemos ver ventajas en el uso de plantas exóticas para la ornamentación de los jardines (como el carrizo) o para fijar los márgenes de nuestras vías de comunicación (como el ailanto). Pero estas introducciones, intencionadas o no, tienen consecuencias que hay que conocer, evaluar y gestionar. El biólogo tiene un papel fundamental en este proceso de amplia afectación natural y social.



### **Tareas que han de desarrollar los estudiantes**

1. Analizar qué sabemos y qué necesitamos saber para poder intervenir en la gestión de especies invasoras.
2. El enfoque de las sucesivas actividades se va decidiendo a medida que se plantean, en la discusión general del grupo, nuevas cuestiones a resolver de creciente complejidad o detalle: ¿Cuáles son las características biológicas de las especies invasoras? ¿Cuáles son las vías y mecanismos más comunes de introducción de las especies invasoras? ¿Cómo afectan a las especies nativas? ¿Cuáles son los efectos ecológicos y económicos de las invasiones biológicas? ¿De quién es la responsabilidad de la gestión de estas invasiones en Cataluña y qué se hace? ¿Qué puede hacer el ciudadano para ayudar a la prevención y/o erradicación de especies invasoras?
3. Preparar la presentación oral.

## **Radiación UV y capa de ozono**

### **Planteamiento**

La capa de ozono de la estratosfera está disminuyendo por el aumento de compuestos químicos atmosféricos, principalmente clorofluorocarbonos (CFC). Eso ha producido un aumento de la radiación ultravioleta, principalmente en la región UV-B, que potencialmente tiene efectos negativos para los sistemas biológicos. Está previsto que la disminución continúe durante los próximos 20-30 años, llegando a una reducción de hasta un 15% en la Antártida. Además, en el hemisferio norte, desde los años 80 la disminución de la capa de ozono ya ha sido de un 4-5% por década. La radiación ultravioleta-B tiene un claro impacto en el ADN y en las proteínas que regulan todas las reacciones biológicas y, por ejemplo, tendrá, ¿o tiene?, un impacto sobre las enzimas que participan en la asimilación del  $\text{CO}_2$  y en todos los complejos clorofila/proteína que participan en la captación de la radiación luminosa, que se utilizan como transporte electrónico y para la fotofosforilación.

### **Tareas que han de desarrollar los estudiantes**

1. Valorar cuál será el impacto del aumento de radiación ultravioleta-B sobre las plantas.

2. Valorar cuáles serán los mecanismos de protección de las plantas contra el aumento de radiación ultravioleta-B.
3. Preparar la presentación oral.

## Cambio climático y plantas

### Planteamiento

Procesos fisiológicos claves para entender la productividad de las plantas, como son la fotosíntesis, la fotorrespiración, la respiración, la transpiración, etc., pueden ser muy afectados por variaciones de factores ambientales ligados al cambio climático. Estos son, principalmente, la concentración atmosférica de dióxido de carbono, la temperatura del aire y el estrés hídrico del suelo. Algunos de ellos (por ejemplo el  $\text{CO}_2$ ) pueden favorecer el crecimiento vegetal, pero otros pueden perjudicar gravemente el funcionamiento de las plantas. Dado el papel central de las plantas en el mantenimiento de los ecosistemas y la producción de alimentos, además de otras funciones, es muy importante determinar los posibles impactos futuros del cambio climático en la vegetación natural y cultivada.

### Tareas que han de desarrollar los estudiantes

1. Analizar los efectos de los factores ambientales asociados al cambio climático sobre procesos vegetales (principalmente, la fotosíntesis).
2. Utilizar la información obtenida de estas respuestas biológicas para plantear nuevas estrategias de lucha contra el cambio climático.
- 3) Preparar la presentación oral.

## Bioindicadores

### Planteamiento

Ya desde el año 1990, la comisión para los Bioindicadores de la International Union for Biological Sciences (IUBS) se imponía como trabajo clave promover el uso de bioindicadores en la gestión del medio ambiente y, por lo tanto, promocionar la transferencia de ideas en busca de posibles bioindicadores. A partir del año 2009 la nueva International Society of Environmental Indicators (ISEI) y su revista Environ-

mental Indicators (JEI), intenta explorar las bases científicas de cómo se relacionan las poblaciones y las comunidades con los efectos específicos y medibles de las exposiciones al ambiente, y las aplicaciones del uso de indicadores (biológicos, químicos, físicos) y de bioindicadores para el control de la calidad ambiental, o para tareas de protección o de restauración medioambiental.

### **Tareas que han de desarrollar los estudiantes**

1. Conocer la importancia del uso de los bioindicadores y las características que ha de tener un buen bioindicador.
2. Hacer una búsqueda de los diferentes campos donde se utilizan los bioindicadores (calidad de las aguas continentales, calidad atmosférica, del cambio global, de contaminantes específicos, de la biodiversidad, etc.) y a la vez hacer un listado de los diferentes organismos o grupos de organismos que se utilizan en la bioindicación. Corresponde a los alumnos establecer criterios para hacer una clasificación de los distintos usos que se hacen de la bioindicación y de los diferentes organismos bioindicadores.
3. Preparar la presentación oral.

## **Conservación de la biodiversidad**

### **Planteamiento**

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), firmado en 1992 por casi todos los países del mundo, estableció las bases de las actuaciones dirigidas a la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica, así como del reparto equitativo de los beneficios. Desde entonces, se llevan a cabo actuaciones muy diversas, tanto a escala mundial como estatal y local, para cumplir sus objetivos. Los biólogos han tenido, y tienen, un papel relevante en su desarrollo y aplicación.

En la primera parte del ABP se plantea una revisión de las bases del CDB, mientras que en la segunda se tratan aspectos concretos de la aplicación y del desarrollo de sus principios mediante iniciativas de diferentes tipos. En esta segunda parte se ha tratado, por un lado, la protección de especies y espacios en Europa mediante la Directiva Hábitat y, por otro, la Meta 2010. Sobre la base de la información recogida, se

pide a los estudiantes una valoración de la importancia y de la efectividad de estas herramientas, así como su aplicación a diferentes escalas. También se les pide una reflexión sobre la idoneidad de la presencia de biólogos en las actuaciones sobre conservación de la biodiversidad y sobre las aportaciones que podemos hacer desde las diferentes facetas de la profesión.

### **Tareas que han de desarrollar los estudiantes**

1. Búsqueda y elaboración de información sobre algunos de los principales instrumentos político-administrativos en que se basan las iniciativas de conservación de la diversidad biológica, sobre su aplicación en el mundo actual y sobre los resultados obtenidos (en el curso 2010-2011 se ha tratado el Convenio sobre la Diversidad Biológica y la Meta 2010).
2. Valoración de la efectividad de estos instrumentos, perspectivas de futuro, y reflexión sobre las aportaciones que pueden hacer los biólogos.
3. Preparar la presentación oral.

## **Agricultura del futuro**

### **Planteamiento**

Las actividades humanas relacionadas con la quema de combustibles fósiles y de biomasa, la deforestación, etc. han contribuido de manera importante al incremento de la emisión de carbono (C) y otros gases de efecto invernadero (GHG) en la atmósfera. Los cambios de concentración de diversos GHG en la atmósfera, incluido el C, se teme que alteren el balance atmosférico y conduzcan a un incremento global de la temperatura. ¿Cuáles serán los principales impactos de estos cambios en las plantas en general y particularmente en las plantas de cultivo? ¿Qué tipo de cultivo se verá más afectado? El cambio climático tendrá profundas consecuencias para los agricultores. El conocimiento que posee un biólogo sobre el funcionamiento de una planta, le ha de permitir abordar la mejora de la producción de alimentos y de bioenergía en los cultivos del futuro, adaptados al «cambio climático global». Existe una necesidad urgente de acelerar la mejora de los cultivos para incrementar su rendimiento potencial y la adaptación a la sequía y a otros estrés abióticos, asociados al cambio climático.

### **Tareas que han de desarrollar los estudiantes**

1. Reflexionar sobre los problemas que tendrá que afrontar la agricultura en el contexto de la evolución global del clima en los próximos años, y conocer los efectos que puede tener la agricultura en la modificación del entorno y en cómo eso puede modificar, ralentizar o acelerar el cambio climático.
2. Valorar cómo afectarán al funcionamiento de la agricultura las modificaciones en la distribución de temperaturas y precipitaciones, atribuidas al cambio climático.
3. Proponer soluciones para mejorar la adaptación de los sistemas agrícolas a las posibles evoluciones del clima.
4. Preparar la presentación oral.

## **Relojes biológicos**

### **Planteamiento**

Los organismos han desarrollado mecanismos que les permiten medir el tiempo: los «relojes biológicos», que determinan el orden temporal y la duración de todos los procesos biológicos en todos los niveles de organización. Los relojes biológicos aparecieron muy pronto como adaptaciones a los ciclos del ambiente, evolucionaron y se quedaron fijados genéticamente dadas las ventajas que para la supervivencia y la reproducción de los organismos tiene el poder anticiparse y dar la respuesta apropiada a los cambios del medio. Los mecanismos se basan en procesos fisiológicos con predominio de reacciones de retroalimentación negativa (relojes oscilatorios) o en procesos unidireccionales (relojes de arena) con el predominio de procesos de retroalimentación positivos (amplificación autocatalítica). Un ejemplo del primero es el reloj circadiano y un ejemplo del segundo es el ciclo celular.

### **Tareas que han de desarrollar los estudiantes**

Las tareas están organizadas en dos grandes bloques; en el primero se tienen que alcanzar los conocimientos básicos necesarios para entender los relojes y ritmos biológicos. El segundo bloque está dirigido a desarrollar el tema sobre los efectos y las consecuencias que puede tener el desajuste del reloj circadiano en el desarrollo de nuestras actividades

y en la salud y cómo podemos encarrilarlo de nuevo. Se pone énfasis en que, si bien la biología y la medicina suelen construirse alrededor de dónde y de cómo suceden las cosas, el cuándo es fundamental. Se tendrán que trabajar preguntas como:

1. ¿Qué es el tiempo y cómo lo podemos medir? ¿Cuántos tipos de relojes biológicos existen? ¿Cómo funcionan los relojes biológicos? ¿Por qué han quedado fijados genéticamente?
2. ¿Cómo podemos poner de manifiesto si un ritmo es endógeno? El reloj circadiano. ¿Dónde se encuentra y cómo funciona el reloj central de los mamíferos? ¿Por qué es tan importante mantener el ritmo? ¿Cuáles son las consecuencias para nuestra salud del desajuste temporal de los relojes circadianos? ¿Cómo los podemos ajustar?
3. Preparar la presentación oral.

## Microbiota humana y probióticos

### Planteamiento

La microbiota humana es el conjunto de microorganismos que habitan en nuestro cuerpo, manteniendo relaciones de simbiosis o comensalismo con nosotros. Los beneficios que nos aporta son tan importantes que algunos autores defienden que puede considerarse un órgano más del cuerpo, necesario para el buen funcionamiento fisiológico. Los probióticos son microorganismos vivos con determinadas propiedades que se producen y comercializan para ser utilizados o ingeridos con el objetivo de mejorar el estado de salud.

### Tareas que han de desarrollar los estudiantes

1. Investigar cuáles son estos microorganismos y cómo se adquieren.
2. Conocer qué hace por nosotros la microbiota, ventajas y desventajas.
3. Conocer cómo funcionan los probióticos.
4. Preparar la presentación oral.

## Enfermedades emergentes

### Planteamiento

Hace pocas décadas, el uso generalizado de antibióticos y vacunas hizo pensar que las infecciones microbianas estaban controladas. En los últimos años, cada vez más a menudo aparecen nuevos agentes patógenos o vuelven aquellos que parecían controlados. Factores biológicos, sociales, económicos y políticos influyen en la emergencia y reemergencia de enfermedades infecciosas. ¿Por qué emergen las enfermedades infecciosas? Es un problema complejo que hay que abordar desde una perspectiva multidisciplinar.

### Tareas que han de desarrollar los estudiantes

1. Definir los diferentes factores que influyen en la emergencia y reemergencia de los agentes infecciosos a partir del estudio de tres o cuatro enfermedades representativas.
2. Ver la importancia de los factores biológicos (aparición de cepas resistentes por el uso inadecuado de los antibióticos, capacidad de adaptación de los agentes infecciosos, deforestación).
3. Proponer estrategias para controlar la emergencia de enfermedades infecciosas.
4. Preparar la presentación oral.

## La enfermedad de las vacas locas

### Planteamiento

Hace unos quince años la Unión Europea se vio afectada por una crisis alimentaria que afectó al ganado bovino. El problema fue causado por el pienso utilizado para alimentar a los animales, pienso que contenía una parte de materia animal, en lugar de contener solo productos vegetales. Estos restos animales contenían priones que al ser ingeridos por el animal inducían cambios en la estructura de algunas proteínas, desarrollando una grave encefalopatía. Al ingerir animales infectados por priones, esta enfermedad se transmitía a los humanos, que acababan muriendo en pocos años. El coste en vidas humanas (y de ganado) y el coste económico representaron un fuerte golpe para Europa, pero

sirvió para mejorar las medidas preventivas y de control dentro de la cadena alimentaria.

### **Tareas que han de desarrollar los estudiantes**

1. Responder interrogantes como, ¿por qué se le dio este nombre?, ¿cuáles fueron las causas que la originaron? y, ¿cuáles fueron los efectos?
2. Una vez analizados, determinar las repercusiones sociales y sanitarias que comportó. Comentar la respuesta de las autoridades sanitarias y las medidas normativas que se impusieron en la Unión Europea para garantizar la seguridad del consumidor. Consecuencias económicas y tecnológicas que provocó.
3. Preparar la presentación oral.

## **El destino de los purines**

### **Planteamiento**

Cataluña soporta una población itinerante de cerdos muy elevada, los lechones se traen muy jóvenes de otros sitios de Europa, aquí los engordamos y se devuelven para que sean sacrificados en sus países de origen. Sus purines, sin embargo, permanecen aquí envenenando el suelo, las aguas corrientes, freáticas y embalses, sobre todo con nitratos y materia orgánica. La acumulación excesiva de purines en Cataluña es un problema tecnológico y ecológico, de sostenibilidad y de futuro, y faltan mecanismos biotecnológicos para ponerle remedio.

### **Tareas que han de desarrollar los estudiantes**

1. Valorar cuáles son los efectos ecológicos de la contaminación por purines.
2. Analizar los procedimientos de corrección y lo que hay que hacer para evitar el problema (costes de transporte, baja densidad energética, nitratos, etc.).
3. Preparar la presentación oral.



## Alimentos funcionales

### Planteamiento

A partir de un vídeo y unas primeras preguntas sobre qué consideramos dieta equilibrada y saludable, se plantea que la industria alimentaria diseña y comercializa alimentos para incorporar modificaciones en su composición natural y así ajustarse más a lo que debería ser la dieta ideal, contribuyendo de forma activa a mantenernos sanos.

### Tareas que han de desarrollar los estudiantes

Resolver cuestiones como las siguientes:

1. ¿Qué productos alimentarios son los llamados alimentos funcionales? A veces, cuando entramos en el supermercado podemos sentir la secuela de responsabilidad porque quizás de la elección de una leche normal en lugar de una enriquecida con ácidos grasos omega-3 puede depender que en el futuro se alcancen niveles de colesterol «malo» elevados o normales.
2. ¿Qué hay de cierto en los efectos beneficiosos de estos alimentos? ¿Esta elección es realmente importante para nuestra salud?
3. Preparación de la presentación oral.

## Plantas transgénicas

### Planteamiento

La obtención y utilización de organismos transgénicos vegetales es un tema actual que genera gran inquietud. A pesar de ello, la modificación genética de las plantas no es algo nuevo, sino que el ser humano la ha desarrollado desde el neolítico, mediante diferentes estrategias. En el trabajo de grupo se pretende que el alumno conozca y compare estas estrategias partiendo de fuentes de información fiables.

### Tareas que han de desarrollar los estudiantes

1. Buscar información sobre tres estrategias conocidas para la modificación genética de plantas: i/ la mejora por selección y cruce conven-

cional; ii/ la mutagénesis con radiaciones ionizantes; iii/ la obtención de plantas transgénicas.

2. Discutir y comparar estas aproximaciones.
3. Exponer los resultados del análisis mediante una presentación oral.

## El color en biología

### Planteamiento

Un corto video simula la «visión en diferentes grupos animales. Se plantea cómo, diferentes grupos de animales, pueden percibir imágenes en diferentes rangos del espectro electromagnético. Se plantean diversas cuestiones sobre la percepción del color y los mecanismos que la hacen posible, cómo consiguen los organismos vivos producir los colores o causar efectos ópticos, y cuál es la funcionalidad del color en biología. El tema resulta ser muy amplio, por eso, a partir del planteamiento inicial se ofrece a los alumnos la posibilidad de acotar el tema de estudio a un aspecto más concreto como, por ejemplo, centrarse en un grupo particular de animales o bien en un aspecto concreto dentro de la escala zoológica.

### Tareas que han de desarrollar los estudiantes

1. Plantear cómo se han adaptado los diferentes órganos visuales a la captación de la luz en diferentes rangos del espectro electromagnético visible y no visible (caso del infrarrojo y de la luz UV). Así mismo, se ha de conocer mediante qué mecanismos se puede producir el color (biosíntesis e iridiscencia) y qué funciones desarrolla la coloración (ecológica, etológica, etc.).
2. Desde esta perspectiva amplia, hacer una selección de la información y dirigir la actividad hacia un objetivo más concreto, sobre el cual se profundizará.
3. Preparar la presentación oral.

## Los fósiles hablan. Pero hay que saberlos interpretar

### Planteamiento

El problema se presenta con la proyección de recortes del film «Parque Jurásico». En particular, la secuencia en la que los paleontólogos se plantean diversas cuestiones sobre la interpretación de los fósiles de dinosaurios y su implicación en el origen de los pájaros. Se trata de una película muy conocida que presenta una reconstrucción relativamente moderna de diferentes especies de dinosaurios que proporcionan un buen material de reflexión sobre la posibilidad de interpretación de material fósil.

### Tareas que han de desarrollar los estudiantes

1. Analizar diversos aspectos sobre la importancia de la definición detallada de grupos biológicos, la filogenia, el concepto de grupo hermano y cómo los conocimientos actuales que tenemos sobre los seres vivos que habitan la Tierra sirven para analizar y para interpretar los restos fósiles.
2. A partir de ahí analizar la importancia de una estructura concreta: la pluma. Se analizará la forma y función y cómo a partir de un origen ligado a la termorregulación y la endotermia, esta estructura ha sido cooptada para volar. Este ABP se imparte en el grado de Bioquímica, por eso se pone un especial énfasis en la bioquímica de la endotermia.
3. Preparar la presentación oral.

## Pruebas de la evolución

### Planteamiento

Ningún científico especializado en Biología niega el cambio evolutivo. Pero otros científicos o divulgadores lo niegan. También algunas ideologías o visiones religiosas dicen que no existe la evolución biológica o que está directamente influida en algunos momentos por un diseñador.

### **Tareas que han de desarrollar los estudiantes**

Los estudiantes tienen que buscar información para poder rebatir los argumentos de los antievolucionistas. Además, deben encontrar ejemplos y situaciones que demuestren la existencia del hecho evolutivo, lo que llamamos «pruebas de la evolución».

## **Mecanismos del cambio evolutivo**

### **Planteamiento**

La teoría de la evolución está muy establecida desde el punto de vista científico. Pero hay que entender de qué manera se produce el cambio evolutivo, es decir, conocer cuáles son los mecanismos responsables de la evolución biológica.

### **Tareas que han de desarrollar los estudiantes**

En este caso los estudiantes tendrán que buscar información sobre los diferentes mecanismos del cambio evolutivo. Aparte de la selección natural, existen otros. También tendrán que buscar ejemplos sobre la dinámica de estos mecanismos.

## **Malaria**

### **Planteamiento**

La malaria, que se transmite por la picadura del mosquito *Anopheles*, es la principal enfermedad parasitaria en la actualidad. Actualmente, la malaria causa entre 400 y 900 millones de casos y entre 2 y 3 millones de muertos anuales, la mayoría de los cuales son niños menores de 5 años. Desafortunadamente, hoy en día todavía no se ha encontrado una vacuna eficaz para evitar la infección.

### **Tareas que han de desarrollar los estudiantes**

1. Analizar la transmisión y la sintomatología de esta enfermedad infecciosa así como su distribución geográfica.
2. Trabajar el concepto de enfermedad endémica.
3. Finalmente, saber relacionar la historia natural de la malaria con nuestra historia como especie, explicando cuando apareció y por

qué, y sobre todo, por qué se ha mantenido hasta la actualidad (ventaja de los heterocigotos).

4. Preparar la presentación oral.

## Obesidad

### Planteamiento

A partir de un relato simulado se planteó la obesidad como un ejemplo de enfermedad compleja. La obesidad refleja, de alguna manera, el estado económico de las diferentes sociedades y permite discriminar entre sociedades desarrolladas, en vías de desarrollo o subdesarrolladas. Actualmente, además, se está convirtiendo en un problema de primer orden para la sanidad tanto por ella misma como por ser factor de riesgo para otras enfermedades altamente prevalentes como la diabetes, las enfermedades cardiovasculares o la hipertensión.

### Tareas que han de desarrollar los estudiantes

1. Aprender qué significa enfermedad compleja (genes y ambiente) y manejar ciertos conceptos epidemiológicos como prevalencia e incidencia.
2. Valorar el comportamiento de países desarrollados respecto a esta enfermedad y la actuación de los sistemas sanitarios respecto a la obesidad como factor de riesgo para otras enfermedades (cardiovasculares, diabetes...) en países desarrollados.
3. Trabajar los aspectos evolutivos y adaptativos de la obesidad en nuestra especie (genotipo ahorrador) y como nuestro diseño evolutivo no es adaptativo en la actualidad.
4. Preparar la presentación oral.

## Cólera

### Planteamiento

El problema se planteó como un ejemplo de enfermedad infecciosa a partir de un collage de datos e imágenes. El cólera se manifiesta como una infección intestinal que se contagia básicamente por el agua y/o los alimentos que han estado en contacto con aguas fecales. Actualmente,

en África y en el Sureste asiático, la enfermedad sigue teniendo mucha presencia, llegando a ser endémica. Sin embargo, es una enfermedad de rápida evolución, como se pone de manifiesto con los brotes de 2010 en Pakistán y Haití como consecuencia de fenómenos naturales. Debido a la falta de infraestructuras sanitarias se favoreció la rápida proliferación de la enfermedad.

### **Tareas que han de desarrollar los estudiantes**

1. Estudiar el cólera para entender el concepto de enfermedad infecciosa y conocer el significado de conceptos clave relacionados con la enfermedad como pandemia/endemia, mortalidad/mortalidad infantil/crisis de mortalidad.
2. Reflejar la epidemiología mundial del cólera actual y a lo largo de la historia así como su tratamiento, prevención y vacuna.
3. Preparar la presentación oral. En este ABP, los alumnos están obligados a hacer las diapositivas en inglés y es optativo hacer la presentación en este idioma.

## **Fibrosis quística**

### **Planteamiento**

La fibrosis quística es la enfermedad genética recesiva más común de origen europeo con una incidencia de un afectado cada 2500 individuos. Esta alta prevalencia es debida a que 1/25 de los individuos es portador de la mutación causante de la enfermedad. Actualmente sigue siendo una enfermedad sin cura, en la que se hacen tratamientos paliativos, y se puede llegar al trasplante de pulmón en los casos más graves. La investigación actual en la enfermedad ha permitido realizar un diagnóstico precoz incluso a nivel preimplantacional. Uno de los objetivos más importantes de la investigación es conseguir un tratamiento efectivo. Las terapias más nuevas y que todavía están en proceso de investigación se basan en terapias génicas, células madre y transgénicos.

### **Tareas que han de desarrollar los estudiantes**

1. Utilizar la fibrosis quística como medio para definir los tipos de herencia, concepto de mutación, efecto fundador, diagnóstico prenatal y postnatal, terapia génica, etc.

2. Trabajar los conceptos epidemiológicos relacionados con la propia enfermedad.
3. Finalmente, y desde una vertiente más evolutiva, relacionar el mantenimiento de la fibrosis quística en nuestra historia por una posible ventaja de los heterocigotos en la resistencia al cólera.
4. Preparar la presentación oral. Los alumnos están obligados a hacer las diapositivas en inglés y es optativo hacer la presentación en este idioma.

## FOTOGRAFÍAS



Prácticas de campo



Grupo ABP, curso 2009-2010



Algunos autores y colaboradores



## NORMAS PARA LOS COLABORADORES

### EXTENSIÓN

Las propuestas de cada cuaderno no podrán exceder **la extensión de 50 páginas (en Word)** salvo excepciones, unos 105.000 caracteres; espacios, referencias, cuadros, gráficas y notas, inclusive.

### PRESENTACIÓN DE ORIGINALES

Los textos han de incluir, en formato electrónico, un **resumen** de unas diez líneas y tres palabras clave, no incluidas en el título. Igualmente han de contener el **título**, un **abstract** y tres **keywords** en inglés.

Respecto a la **manera de citar y a las referencias bibliográficas**, se han de remitir a las utilizadas en este cuaderno.

### EVALUACIÓN

La aceptación de originales se rige por el **sistema de evaluación externa por pares**.

Los originales son leídos, en primer lugar, por el **Consejo de Redacción**, que valora la adecuación del texto a las líneas y objetivos de los cuadernos y si cumple los requisitos formales y el contenido científico exigido.

Los originales se someten, en segundo lugar, a la **evaluación de dos expertos** del ámbito disciplinar correspondiente, especialistas en la temática del original. Los autores reciben los comentarios y sugerencias de los evaluadores y la valoración final con las correcciones y cambios oportunos que se han de aplicar antes de ser aceptada su publicación.

Si los cambios exigidos son significativos o afectan a parte del texto, el nuevo original se somete a la evaluación de dos expertos externos y a un miembro del Consejo de Redacción. El proceso se lleva a cabo como un «doble ciego».

## EVALUADORES (AÑO 2011)

Marta Capllonch Bujosa

Jaume Fernández Borràs

Antoni Giner Tarrida

Eulalia Grau Costas

Joan Mateo Andrés

Carmen Panchon Iglesias

Amparo Porcel Mundó

Rosa Sayós Santigosa

**BIOLOGÍA I: UNA EXPERIENCIA DE  
APRENDIZAJE ACTIVO PARA ASUMIR  
COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS**

Gustavo Adolfo Llorente Cabrera  
Maria Soler Farrés  
María Isabel Álvaro Martín  
Bárbara Arias Sampériz  
Carme Auladell Costa  
Joaquín Azcón Bieto  
Núria Bonada Caparrós  
Jaume Ferrer Amorós  
Joan Gomà Martínez  
Josefina Martínez Martínez  
Eduardo Manuel Mateos Frías  
Francesc Mestres Naval  
Maria Rieradevall Sant  
Maria Dolors Vinyoles Cartanyà